美国初中主流理科教材

SCIENCE EXPLORER

科学探索者

美国初中主流理科教材

新课标、新理念、新学法的最佳参考用书

科学探索者

- 探索科学奥秘
- 指导研究性学习
- 知识能力方法并重
- 动手动脑趣味无穷



PEARSON Education

培生教育集团原版

20余个发达国家选用

ISBN 978-7-5338-8039-
9 787533 880392
定 价：22.00 元

美国初中主流理科教材

SCIENCE EXPLORER

科学探索者

声与光



浙江教育出版社

科　学
探索者

声与光

Program Resources
Student Edition
Annotated Teacher's Edition
Teaching Resources Book with Color Transparencies
Sound and Light Materials Kits

Program Components
Integrated Science Laboratory Manual
Integrated Science Laboratory Manual, Teacher's Edition
Inquiry Skills Activity Book
Student-Centered Science Activity Books
Program Planning Guide
Guided Reading English Audiotapes
Guided Reading Spanish Audiotapes and Summaries
Product Testing Activities by Consumer Reports™
Event-Based Science Series (NSF funded)
Prentice Hall Interdisciplinary Explorations
Cobblestone, Odyssey, Calliope, and *Faces* Magazines

Media/Technology
Science Explorer Interactive Student Tutorial CD-ROMs
Odyssey of Discovery CD-ROMs
Resource Pro® (Teaching Resources on CD-ROM)
Assessment Resources CD-ROM with Dial-A-Test®
Internet site at www. science-explorer. phschool. com
Life, Earth, and Physical Science Videodiscs
Life, Earth, and Physical Science Videotapes

科学探索者

从细菌到植物
动物
细胞与遗传
人体生理卫生
环境科学
地球内部
地表的演变
地球上的水
天气与气候
天文学
物质构成
化学反应
运动、力与能量
电与磁
声与光
科学探究
法庭科学

Staff Credits
The people who made up the *Science Explorer* team – representing editorial,editorial services, design services, field marketing, market research, marketing services, on-line services/multimedia development, product marketing, production services, and publishing processes – are listed below. Bold type denotes core team members.

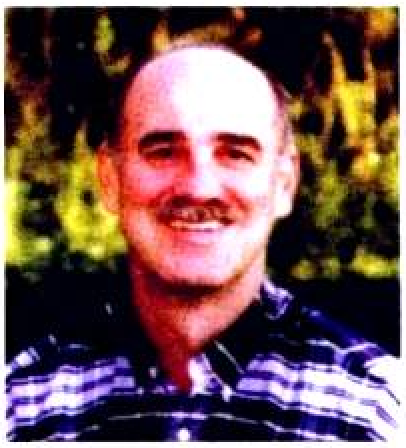
Kristen E. Ball, **Barbara A. Bertell,** Peter W. Brooks, **Christopher R. Brown, Greg Cantone,** Jonathan Cheney, **Patrick Finbarr Connolly,** Loree Franz, Donald P. Gagnon, Jr., **Paul J. Gagnon, Joel Gendler,** Elizabeth Good, Kerri Hoar, **Linda D. Johnson,** Katherine M. Kotik, Russ Lappa, Marilyn Leitao, David Lippman, **Eve Melnechuk, Natania Mlawer,** Paul W. Murphy, **Cindy A. Noftle,** Julia F. Osborne, Caroline M. Power, Suzanne J. Schineller, **Susan W. Tafler,** Kira Thaler-Marbit, Robin L. Santel, Ronald Schachter, **Mark Tricca,** Diane Walsh, Pearl B. Weinstein, Beth Norman Winickoff

ISBN 0-13-434493-6
4 5 6 7 8 9 10 05 04 03 02 01 00 99



封面：以可见光谱为背景的法国号照片。

Program Authors



Michael J. Padilla, Ph.D.
Professor
Department of Science Education
University of Georgia
Athens, Georgia

Michael Padilla is a leader in middle school science education. He has served as an editor and elected officer for the National Science Teachers Association. He has been principal investigator of several National Science Foundation and Eisenhower grants and served as a writer of the National Science Education Standards.

As lead author of *Science Explorer*, Mike has inspired the team in developing a program that meets the needs of middle grades students, promotes science inquiry, and is aligned with the National Science Education Standards.



Ioannis Miaoulis, Ph.D.
Dean of Engineering
College of Engineering
Tufts University
Medford, Massachusetts

Martha Cyr, Ph.D.
Director, Engineering Educational Outreach
College of Engineering
Tufts University
Medford, Massachusetts

Science Explorer was created in collaboration with the College of Engineering at Tufts University. Tufts has an extensive engineering outreach program that uses engineering design and construction to excite and motivate students and teachers in science and technology education.

Faculty from Tufts University participated in the development of *Science Explorer* chapter projects, reviewed the student books for content accuracy, and helped coordinate field testing.

每章课题

Book Author

Jay M.Pasachoff,Ph.D.
Professor of Astronomy
Williams College
Williamstown,Massachusetts

Contributing Writers

Rose-Marie Botting
Science Teacher
Broward County School District
Fort Lauderdale,Florida

John Coffey
Science/Mathematics Teacher
Venice Area Middle School
Venice,Florida

Edward Evans
Former Science Teacher
Hilton Central School
Hilton,New York

Peter Kahan
Former Science Teacher
Dwight-Englewood School
Englewood, New Jersey

Reading Consultant

Bonnie B. Armbruster, Ph.D.
Department of Curriculum and Instruction
University of Illinois
Champaign, Illinois

Interdisciplinary Consultant

Heidi Hayes Jacobs, Ed.D.
Teacher's College
Columbia University
New York, New York

Safety Consultants

W. H. Breazeale, Ph.D.
Department of Chemistry
College of Charleston
Charleston, South Carolina

Ruth Hathaway, Ph.D.
Hathaway Consulting
Cape Girardeau, Missouri

Tufts University Program Reviewers

Behrouz Abedian, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering

Wayne Chudyk, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering

Eliana DeBernardez-Clark, Ph.D.
Department of Chemical Engineering

Anne Marie Desmarais, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering

David Kaplan, Ph.D.
Department of Chemical Engineering

Paul Kelley, Ph.D.
Department of Electro-Optics

George S. Mumford, Ph.D.
Professor of Astronomy, Emeritus

Jan A. Pechenik, Ph.D.
Department of Biology

Livia Racz, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering

Robert Rifkin, M.D.
School of Medicine

Jack Ridge, Ph.D.
Department of Geology

Chris Swan, Ph.D.
Department of Civil and Environmental Engineering

Peter Y. Wong, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering

Content Reviewers

Jack W. Beal, Ph.D.
Department of Physics
Fairfield University
Fairfield, Connecticut

W. Russell Blake, Ph.D.
Planetarium Director
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Howard E. Buhse, Jr., Ph.D.
Department of Biological Sciences
University of Illinois
Chicago, Illinois

Dawn Smith Burgess, Ph.D.
Department of Geophysics
Stanford University
Stanford, California

A. Malcolm Campbell, Ph.D.
Assistant Professor
Davidson College
Davidson, North Carolina

Elizabeth A. De Stasio, Ph.D.
Associate Professor of Biology
Lawrence University
Appleton, Wisconsin

John M. Fowler, Ph.D.
Former Director of Special Projects
National Science Teacher's Association
Arlington, Virginia

Jonathan Gitlin, M.D.
School of Medicine
Washington University
St. Louis, Missouri

Dawn Graff-Haight, Ph.D., CHES
Department of Health, Human Performance, and Athletics
Linfield College
McMinnville, Oregon

Deborah L. Gumucio, Ph.D.
Associate Professor
Department of Anatomy and Cell Biology
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan

William S. Harwood, Ph.D.
Dean of University Division and Associate Professor of Education
Indiana University
Bloomington, Indiana

Cyndy Henzel, Ph.D.
Department of Geography and Regional Development
University of Arizona
Tucson, Arizona

Greg Hutton
Science and Health Curriculum Coordinator
School Board of Sarasota County
Sarasota, Florida

Susan K. Jacobson, Ph.D.
Department of Wildlife Ecology and Conservation
University of Florida
Gainesville, Florida

Judy Jernstedt, Ph.D.
Department of Agronomy and Range Science
University of California, Davis
Davis, California

John L. Kermond, Ph.D.
Office of Global Programs
National Oceanographic and Atmospheric Administration
Silver Spring, Maryland

David E. LaHart, Ph.D.
Institute of Science and Public Affairs
Florida State University
Tallahassee, Florida

Joe Leverich, Ph.D.
Department of Biology
St. Louis University
St. Louis, Missouri

Dennis K. Lieu, Ph.D.
Department of Mechanical Engineering
University of California
Berkeley, California

Cynthia J. Moore, Ph.D.
Science Outreach Coordinator
Washington University
St. Louis, Missouri

Joseph M. Moran, Ph.D.
Department of Earth Science
University of Wisconsin–Green Bay
Green Bay, Wisconsin

Joseph Stukey, Ph.D.
Department of Biology
Hope College
Holland, Michigan

Seetha Subramanian
Lexington Community College
University of Kentucky
Lexington, Kentucky

Carl L. Thurman, Ph.D.
Department of Biology
University of Northern Iowa
Cedar Falls, Iowa

Edward D. Walton, Ph.D.
Department of Chemistry
California State Polytechnic University
Pomona, California

Robert S. Young, Ph.D.
Department of Geosciences and Natural Resource Management
Western Carolina University
Cullowhee, North Carolina

Edward J. Zalisko, Ph.D.
Department of Biology
Blackburn College
Carlinville, Illinois

Teacher Reviewers

Stephanie Anderson
Sierra Vista Junior High School
Canyon Country, California

John W. Anson
Mesa Intermediate School
Palmdale, California

Pamela Arline
Lake Taylor Middle School
Norfolk, Virginia

Lynn Beason
College Station Jr. High School
College Station, Texas

Richard Bothmer
Hollis School District
Hollis, New Hampshire

Jeffrey C. Callister
Newburgh Free Academy
Newburgh, New York

Judy D'Albert
Harvard Day School
Corona Del Mar, California

Betty Scott Dean
Guilford County Schools
McLeansville, North Carolina

Sarah C. Duff
Baltimore City Public Schools
Baltimore, Maryland

Melody Law Ewey
Holmes Junior High School
Davis, California

Sherry L. Fisher
Lake Zurich Middle School North
Lake Zurich, Illinois

Melissa Gibbons
Fort Worth ISD
Fort Worth, Texas

Debra J. Goodding
Kraemer Middle School
Placentia, California

Jack Grande
Weber Middle School
Port Washington, New York

Steve Hills
Riverside Middle School
Grand Rapids, Michigan

Carol Ann Lionello
Kraemer Middle School
Placentia, California

Jaime A. Morales
Henry T. Gage Middle School
Huntington Park, California

Patsy Partin
Cameron Middle School
Nashville, Tennessee

Deedra H. Robinson
Newport News Public Schools
Newport News, Virginia

Bonnie Scott
Clack Middle School
Abilene, Texas

Charles M. Sears
Belzer Middle School
Indianapolis, Indiana

Barbara M. Strange
Ferndale Middle School
High Point, North Carolina

Jackie Louise Ulfig
Ford Middle School
Allen, Texas

Kathy Usina
Belzer Middle School
Indianapolis, Indiana

Heidi M. von Oetinger
L'Anse Creuse Public School
Harrison Township, Michigan

Pam Watson
Hill Country Middle School
Austin, Texas

Activity Field Testers

Nicki Bibbo
Russell Street School
Littleton, Massachusetts

Connie Boone
Fletcher Middle School
Jacksonville Beach, Florida

Rose-Marie Botting
Broward County School District
Fort Lauderdale, Florida

Colleen Campos
Laredo Middle School
Aurora, Colorado

Elizabeth Chait
W. L. Chenery Middle School
Belmont, Massachusetts

Holly Estes
Hale Middle School
Stow, Massachusetts

Laura Hapgood
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Sandra M. Harris
Winman Junior High School
Warwick, Rhode Island

Jason Ho
Walter Reed Middle School
Los Angeles, California

Joanne Jackson
Winman Junior High School
Warwick, Rhode Island

Mary F. Lavin
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

James MacNeil, Ph.D.
Concord Public Schools
Concord, Massachusetts

Lauren Magruder
St. Michael's Country Day School
Newport, Rhode Island

Jeanne Maurand
Glen Urquhart School
Beverly Farms, Massachusetts

Warren Phillips
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Carol Pirtle
Hale Middle School
Stow, Massachusetts

Kathleen M. Poe
Kirby-Smith Middle School
Jacksonville, Florida

Cynthia B. Pope
Ruffner Middle School
Norfolk, Virginia

Anne Scammell
Geneva Middle School
Geneva, New York

Karen Riley Sievers
Callanan Middle School
Des Moines, Iowa

David M. Smith
Howard A. Eyer Middle School
Macungie, Pennsylvania

Derek Strohschneider
Plymouth Community Intermediate School
Plymouth, Massachusetts

Sallie Teames
Rosemont Middle School
Fort Worth, Texas

Gene Vitale
Parkland Middle School
McHenry, Illinois

Zenovia Young
Meyer Levin Junior High School (IS 285)
Brooklyn, New York

科学探索者

声与光

目录







活动

学科探索

每章课题

（贯穿整章的探索活动）

探索活动

（课前的思考与探索）

增进技能

（专业技能训练）

试试

（基本概念的巩固与强化）

技能实验室

（探索技能的强化）

生活实验室

（科学知识的应用）

跨学科探索

科学与历史

科学与社会

链接



声震





C.M.达丹博士出生在北加利福尼亚的门罗县，在哥伦比亚特区华盛顿的乔治·华盛顿大学机械工程系获得博士学位。作为研究声震的国家级专家，她现在美国国家航空航天局设于弗吉尼亚州汉普顿县的兰利研究中心工作。她领导一个负责研发超音速飞机的科学家小组。图中的达丹博士(中)正与她的同事K.利德莱曼(左)和R.马克(右)在一起。

航天飞机返回地球时，总要发出一种称为声震的巨响。在它冲向设在佛罗里达或加利福尼亚的降落点时，其所发出的巨响就像巨大的加农炮在开炮，震得窗户嘎拉嘎拉作响。这时，绝大多数科学家都在监视航天飞机本身的情况，只有C.M.达丹博士对那个巨大的声响更感兴趣。

达丹博士是美国国家航空航天局(NASA)的一名科研工程师，她负责这个空间机构的声震小组。她的科学家小组研究由于飞机进行超声速飞行——航行速度超过声音的速度——而产生的特殊的“声音印记”，并寻找减弱声震的方法。他们希望能使超音速飞行在将来变得更加普及。

与C.M.达丹博士的对话

打破音障

自1947年音障首次被打破以后，人们对声震的抱怨日益强烈。为此，美国政府制订了控制声震的相关法规。现在，如果商用飞机以超音速在美国境内飞行，就触犯了美国法律。

"如果声音音量足够大的话，声震的确可以打碎玻璃，并有可能对建筑物造成损坏。"达丹博士说，"人们发现声震非常烦人，如今它已成为超音速飞机进行商业服务的最大障碍之一。"

今天，像"协和"号这样的超音速飞机主要在海洋上空飞行。不过，如果科学家找到了降低声震音量的方法，那么，也许有一天，超音速商用飞机会被允许飞越美国领空。

什么是声震?

你可能听到过飞机突破音障时所发出的声音。声震听起来像轰隆的雷声或高空中刺耳的爆破声。那么，这究竟是一种什么声音呢?

"声震是一种压缩波或压力波。"达丹博士解释说，"飞机飞行时，飞机前面的空气形成一种波，这正如舰船航行时船头激起水波一样。这些波作为一种高压冲击波向飞机后方传播，当冲击波到达我们耳朵时，我们就听到了轰鸣声。"

达丹博士说："你可以想象一个正在充气的气球。随着气球的膨胀，球内的空气比球外的空气被压缩得更紧密。如果气球爆炸，这些压缩空气立即以冲击波的形式向各个方向传播。"



黑鸟SR-71(上图)和F-16(左页图)都是超音速飞机。



已被禁飞的"协和"号超音速商用飞机。

怎样研究你看不到的东西？

"我们的部分工作是提出新方法用以观察和测量我们所研究的现象。"达丹博士说"比如，我们知道所有的波都具有类似的性质，因此可以通过观察波在水中的行为，来了解它们在空气中的行为。"

选择工程学

达丹博士在研究波在水中和空气中的行为之前，做了很长时间的数学教师。1960年下半年，她在弗吉尼亚州汉普顿的一所学校教书。那时候，附近NASA的实验室正在实施把飞行员送往月亮的计划。达丹博士希望自己作为一个数学家能为NASA工作。

很快，她对NASA的工程师所从事的工作着迷了。"他们是一些正在从事具有巨大挑战性工作的人，"达丹博士说"他们做的是一种有趣的、手工艺式的工作。"这段教学经历结束后，她决定去攻读工程学学位。

怎样测试超音速飞机的声震？

手工艺式的劳动(working hands-on)是达丹博士和她的小组研究飞机是如何造成声震的一种方法。

1. 飞机以超音速飞行时就会产生声震。飞机前的空气被压缩，产生冲击波。
2. 冲击波以锥形形状向飞机后方传播。
3. 当冲击波到达地面时，人们便听到了声震。







达丹博士手持一个低声震飞机模型(右)
一个类似的模型正在朗利研究中心(Langley Research Center)的超音速风洞内接受测试(左)。

他们在高速风洞里"放飞"飞机模型。科学家把钢制的模型放在风洞里，观察它们在风速高达3倍音速时的行为(声音的速度随高度和空气压力的不同而变化。在白天16℃的海平面上，声音的速度大约是340米/秒)。

通过位于风洞端口的仪器，达丹博士可以"听到"由模型产生的声震。通过施加一种特殊的烟雾，她甚至可以看到空气是如何在飞机表面运动的。她说："我们能够真切地看到那些冲击波。"

可以削弱声震效应吗?

达丹博士和她的小组已经发现，飞机的外形决定了它所产生的声震的强度。为此他们做了一系列实验，包括用计算机进行仿真实验，在风洞里进行模拟实验以及用真正的超音速飞机进行测试等。他们的实验表明，改变机翼后掠的角度可以大大减少冲击波的规模和声震的强度。但改变设计在降低飞机噪声的同时，也会增加飞行难度。

"你可以让一根针以超音速运动而不产生声震，"达丹博士解释道："但是你却无法让飞机做到这一点。"

阅读DIY

达丹博士首先预测了飞机机翼角度与声震的关系。然后她的小组设计了一系列实验来验证这些预测。

现在请你想象一下独木舟、拖船、划艇等不同形状的船只在水中运动的情况。预测一下每种船产生的水波的形状，你如何使用模型来验证你的预测?

第一章 波



主要内容

SECTION 1 什么是波

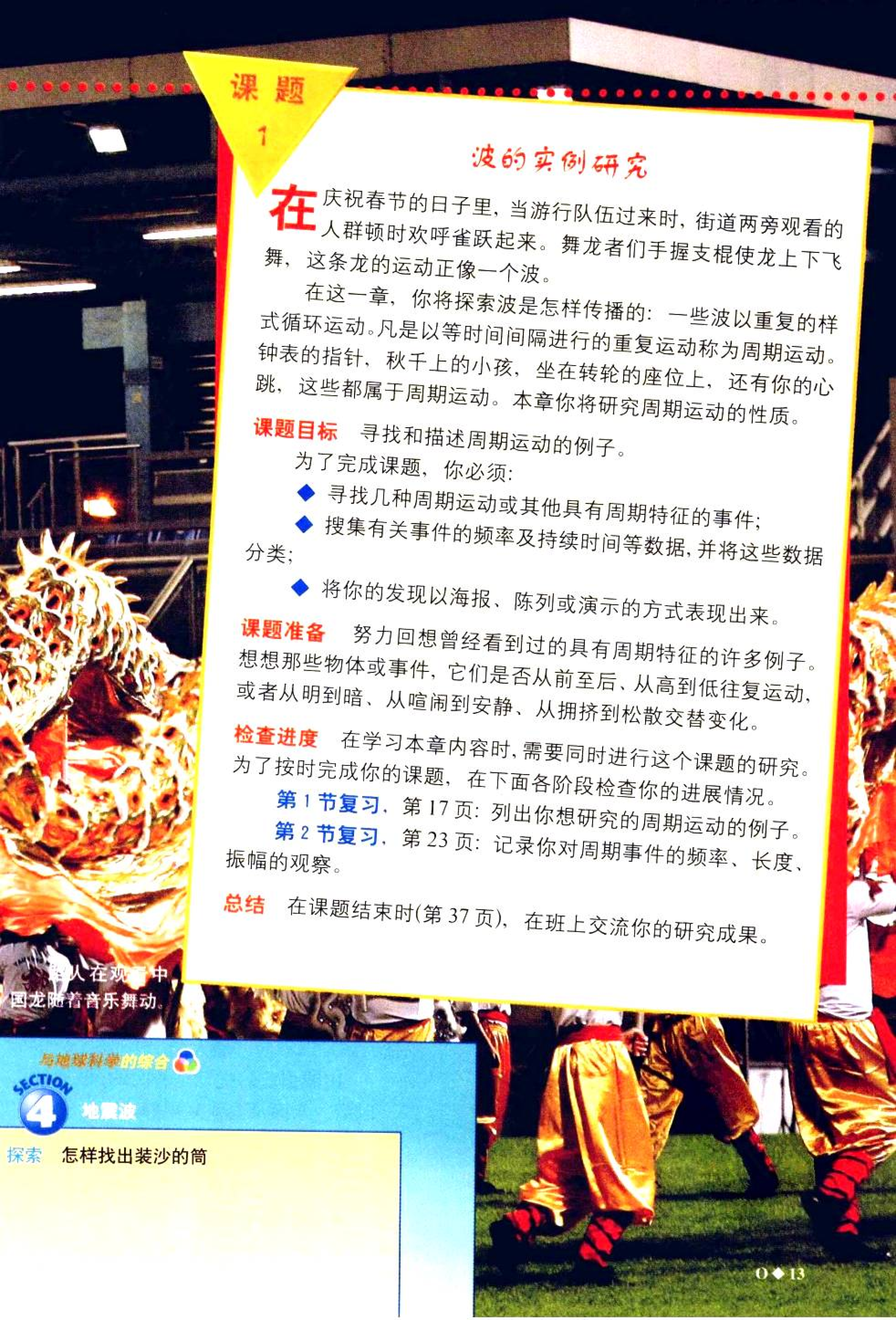
- 探索 波是怎样传播的
- 试一试 释疑
- 实验技能 证据在哪里

SECTION 2 波的性质

- 探索 如何才能改变一个波
- 技能实验室 波状运动

SECTION 3 波的相互作用

- 探索 球是如何弹回来的
- 增强技能 观察
- 试一试 驻波
- 技能实验室 产生波



课题 1

波的实例研究

在庆祝春节的日子里，当游行队伍过来时，街道两旁观看的人群顿时欢呼雀跃起来。舞龙者们手握支棍使龙上下飞舞，这条龙的运动正像一个波。

在这一章，你将探索波是怎样传播的：一些波以重复的样式循环运动。凡是以等时间间隔进行的重复运动称为周期运动。钟表的指针，秋千上的小孩，坐在转轮的座位上，还有你的心跳，这些都属于周期运动。本章你将研究周期运动的性质。

课题目标 寻找和描述周期运动的例子。

为了完成课题，你必须：

- 寻找几种周期运动或其他具有周期特征的事件；
- 搜集有关事件的频率及持续时间等数据，并将这些数据分类；
- 将你的发现以海报、陈列或演示的方式表现出来。

课题准备 努力回想曾经看到过的具有周期特征的许多例子。想想那些物体或事件，它们是否从前至后、从高到低往复运动，或者从明到暗、从喧闹到安静、从拥挤到松散交替变化。

检查进度 在学习本章内容时，需要同时进行这个课题的研究。为了按时完成你的课题，在下面各阶段检查你的进展情况。

第 1 节复习，第 17 页：列出你想研究的周期运动的例子。

第 2 节复习，第 23 页：记录你对周期事件的频率、长度、振幅的观察。

总结 在课题结束时(第 37 页)，在班上交流你的研究成果。

[illegible]人在观[illegible]中国龙随着音乐舞动。

与地球科学的综合

SECTION 4 地震波

探索 怎样找出装沙的筒

1 什么是波

探索 **活动**

波是怎样传播的



1. 在一只浅盆里注入约 3 厘米深的水。
2. 用铅笔一端触动盆子的水面，每秒两次，大约持续一分钟。
3. 描述波的样子，将你看到的情景画成一幅草图。
4. 在水面上放一个软木塞，想一想，如果有波存在，软木塞会怎样运动？重复第 2 步去寻找答案。

思考

观察 在第 4 个步骤中，软木塞发生了什么现象？软木塞的运动和波的运动有哪些相似之处？它们之间又有什么不同？把你所看到的画成图。用箭头标明软木塞的运动方向。

阅读指南

- 产生波的原因是什么？
- 波有哪三种类型？

阅读提示 阅读前请想一下，当听到“波”这个词的时候，你的脑海里出现的是什么。阅读时，写下波的定义。

遥远的海面上，一阵风吹过了平静的海面，引起一阵涟漪。若风继续吹下去，涟漪就会逐渐变成一个巨浪，并且传播到很远的地方。在海岸附近，冲浪者们正在热切地期盼着。他们为赶上一个巨浪而快速地游向深水。当冲浪者踏上浪尖冲向岸边时，他们尽情享受着大自然的力量。

波是什么？它们为什么可以传播得这么远？为什么某些波比其他波更强大？在这一节中，你将探究波是如何产生又是如何运动的。

波与能量

海浪能将海滩冲刷成不同的形状，由此可知，波浪携带着巨大的能量。**波 (wave)** 是把能量从一个地方传播到另一个地方的扰动。科学上，**能量 (energy)** 被定义为做功的能力。如果一个波扰动了水面，它可以同时扰动水面上的物体。为了理解波，你可以想象一艘在大海上航行的船。有时，波所携带的能量大到足以举起一艘大船。

由波引起的扰动是暂时的，波通过以后，水面又会恢复平静。



◀ 冲浪者正在冲浪

是什么东西携带着波？ 许多波都需要通过其他的载体才能得以传播。水波沿着水面传播，声波通过空气传播，你甚至可以制造一个沿着绳子传播的波。传播波的物质称为**介质(medium)**。气体(比如空气)、液体(比如水)和固体(比如绳子)，都可以作为介质。需要通过介质才能传播的波称为**机械波(mechanical wave)**。

尽管波通过介质传播，但波并没有携带介质本身与它一起传播。看图1-1中的鸭子。当一个波从鸭子下面经过时，鸭子只是上下浮动，并不沿着水面运动。波通过后，水和鸭子都回复到它们的起点。

海滩边出现的冲浪行为则略有不同。当波浪撞击海滩时，水是随波一起移动的。由于临近海滩的水较浅，当波浪撞击海岸时，波的底部沿着洋底运动，波的顶部继续向前运动，最终波被推倒，破碎成白色的泡沫。

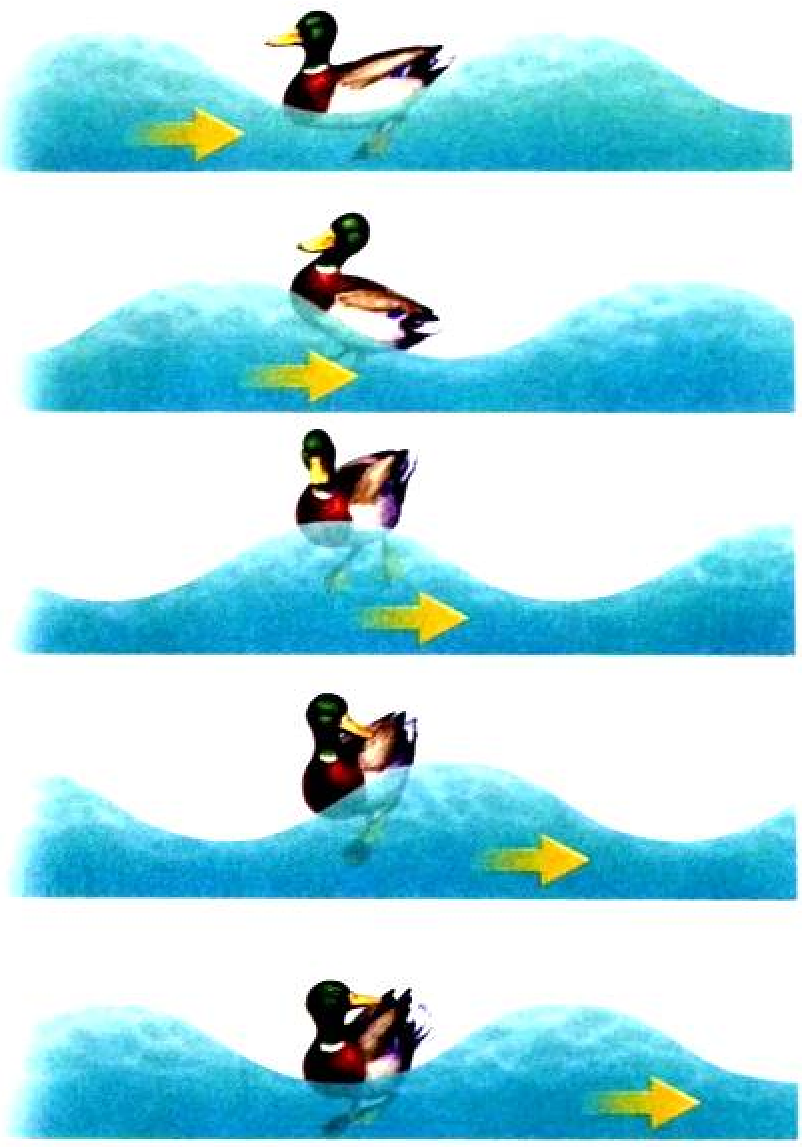


图1-1 波通过水传播，但它没有携带水一起传播。当波在鸭子下面经过时，鸭子上下运动，但鸭子并没有随着波一起移动。

图解 *如果要你接着第5幅之后画第6幅草图，那么它应当最像图1-1中的哪一幅？*

并不是所有的波都需要介质携带才能前进。比如太阳光就能在真空中传播。光是电磁波的一种。你将在第三章学到有关电磁波的更多知识。

是什么东西产生了波？ 你可以通过把手浸入水中来产生波。**当一个能量源引起一种介质振动时，波就产生了。振动(vibration)是一种前后或上下的反复运动。**这个运动是波的源泉。

一个运动的物体具有能量，这个运动的物体可以将能量向附近的某种介质传递而产生波。比如当一艘摩托艇的推进器运转时，平静的水面便受到扰动而产生波。这就是说，推进器把能量传递给了水，水获得的能量通过波的形式来传播。

☑ ***想一想*** ***什么是机械波？***

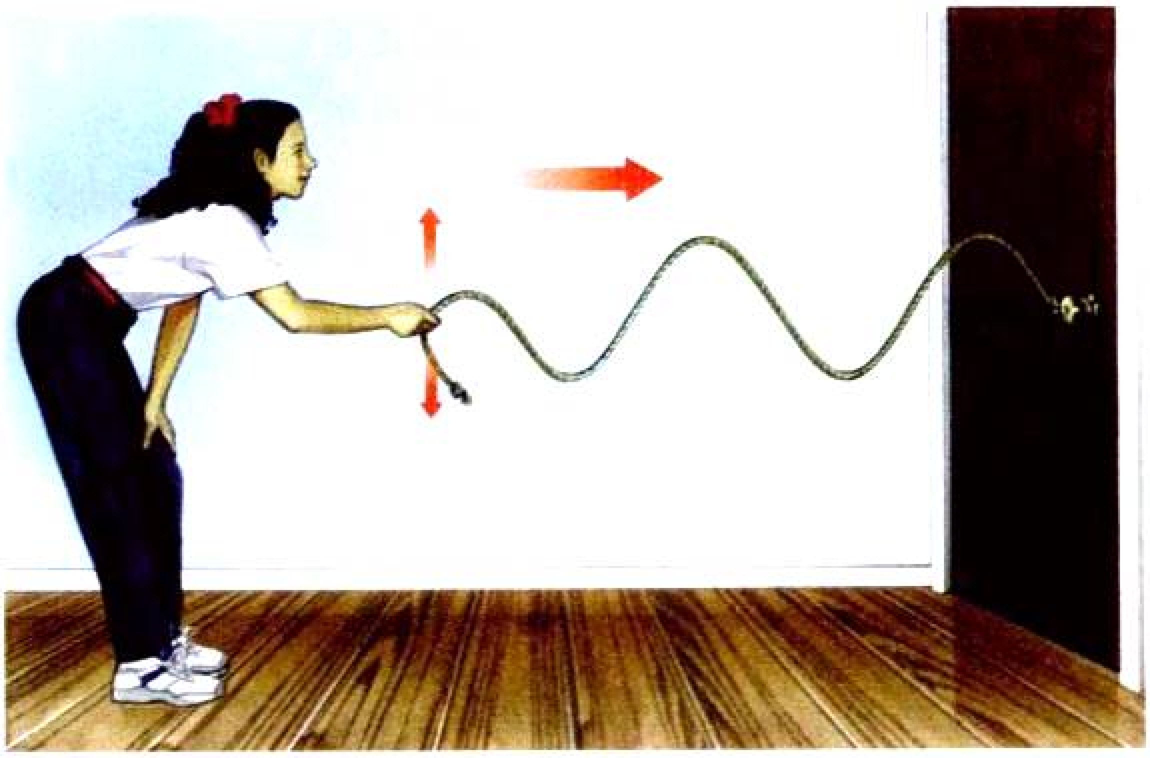


图1-2 当女孩上下抖动绳子的自由端时，她就把能量传给了绳子。能量沿着绳子传播，就产生一个横波。

波的种类

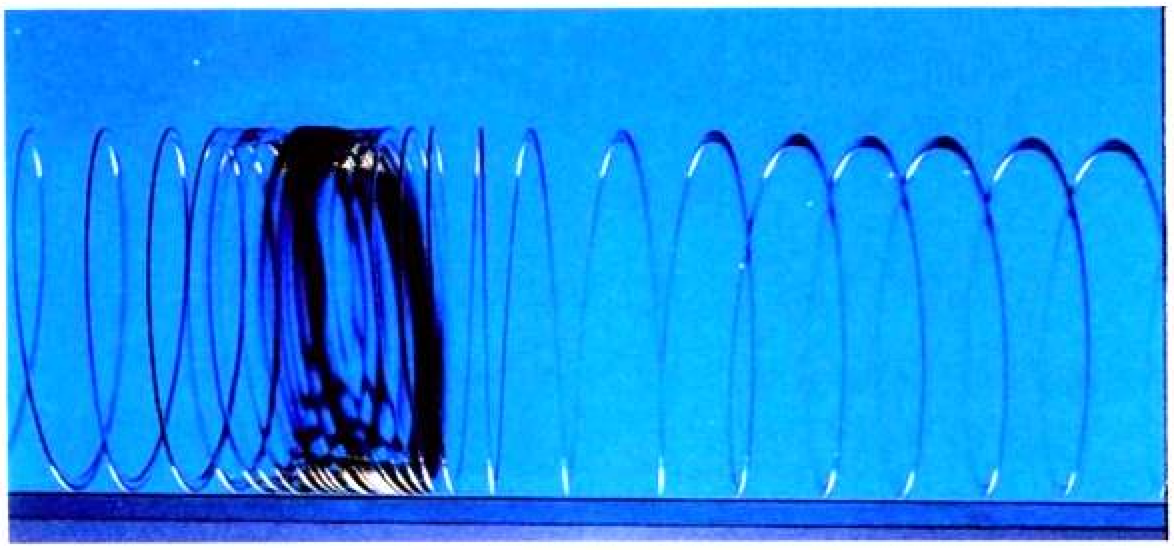
不同的波可以在介质中以不同的方式传播。**根据波的运动方式，可以将其分为三类：横波、纵波和表面波。**

横波 当你用一根绳子制造一个波时，波从绳子的一端向另一端运动，而绳子本身则是上下运动或左右摇摆。**横波(transverse wave)**是波的传播方向和介质的运动方向垂直的波。当横波向一个方向运动时，介质粒子的运动方向与波的方向垂直。从图1-2可以看到，绳子的某些部分非常高，同时另一些部分又非常低。那些最高部分称为**波峰(crest)**，那些最低部分称为**波谷(trough)**。

纵波 图1-3所示的是另一种类型的波。如果你把一个弹簧玩具铺开，并且推拉它的一端，你就能制造一个纵波。**纵波(longitudinal wave)**是波的传播方向和介质粒子的运动方向平行的波。弹簧中螺旋圈的前后运动和波的传播方向完全一致。

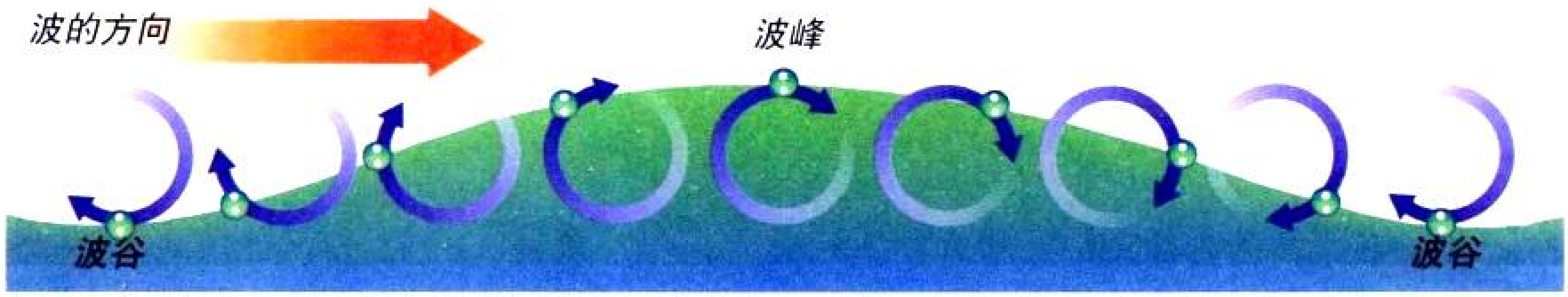
图1-3 弹簧中螺旋圈的前后运动方向和波的传播方向完全一致，这是一个纵波。

对比 *比较这个波与绳子上的波，两者有什么相同与不同之处？*



注意图1-3中，弹簧的某些部分的螺旋圈紧靠在一起，而其他部分的螺旋圈则较稀疏。紧缩在一起的部分称为**密部(compression)**，较稀疏的部分称为**疏部(rarefaction)**。

当密部和疏部沿着弹簧玩具传播时，每个螺旋圈先稍稍向前



运动，然后再向后运动，这样就将能量从弹簧的一端传向另一端，从而产生一个波。当波通过后，弹簧的每个部分又回复到开始时的位置。

图1-4　表面波中，上下运动和前后运动结合在一起，这种运动结合形成圆周运动。

表面波　**表面波 (surface wave)** 是横波和纵波的结合。这种波发生在两种介质的接触面，比如水和空气的接触面。当一个波在水中传播时，水(和水上的任何东西)上下运动，这像绳子上的一个横波，同时水也在波传播的方向上作轻微的前后运动，这像弹簧上的螺旋圈。但与弹簧的螺旋圈不同的是，水并没有被压缩。这样的上下和前后运动使水分子发生圆周运动。图1-4显示了表面波的圆周运动。

第一节复习

1. 波的能量是哪里来的？
2. 波有哪三种类型，各举一个实例。
3. 当波通过海上的一艘船时，波将对船产生什么影响？
4. **理性思维**　**应用概念**　人们常利用打桩机产生的振动来拆毁路面。你认为打桩机在地面下产生了哪种类型的波？为什么？

课题 1

检查进度

寻找并列出尽可能多的周期运动的例子，找出那些每隔几秒就重复以及那些要花费几小时或几天才重复的现象的周期和运动模式。

尽可能多地找到像日出和日落那样每天都在重复的例子。不要把你的视野局限在你的家里或学校。看看你周围的世界和太阳系中有没有比较理想的实例。描述你找到的每个例子并画出草图。

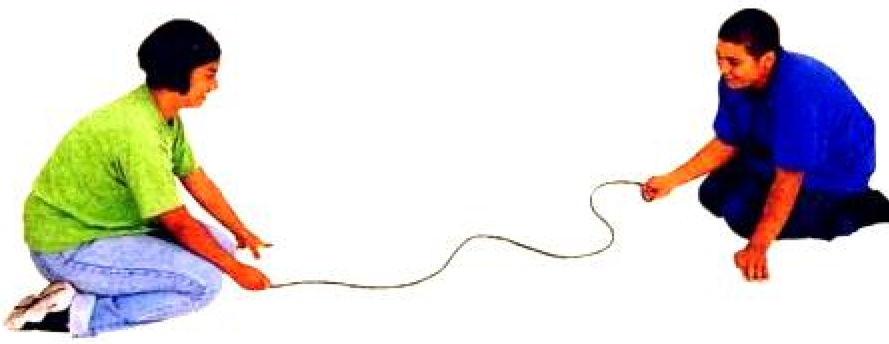
波的性质

SECTION 2

探索　活动

怎样才能改变一个波

1. 在光滑的地板上放一根大约 3 米长的绳子，紧紧地握住一端，让你的一个同伴握住另一端。
2. 每秒钟大约抖动绳子一次，从而每秒钟产生一个沿绳子向前传播的波。观察这些波是如何向你同伴那边传播的。
3. 现在每秒钟大约摆动绳子的一端两次，再观察所产生的波。
4. 和你的同伴交换角色，重复第 2 和第 3 步。



思考

观察 当你抖动绳子的频率加快时，所产生的波发生了什么情况？如果你摆动绳子的频率低于每秒一次时，波将怎样变化呢？试一试。

阅读指南

- 波的基本性质是什么？
- 波的速度、波长、频率三者之间存在什么关系？

阅读提示 阅读时，列出波的各种性质，并用一句话描述每一种性质。

艺术体操是奥运会上最优美高雅的运动项目之一。一个艺术体操运动员摇晃一根附有一条丝带的短棍，形成一系列由丝带传播的波，有些波长，有些波短。体操运动员通过手的摇晃不断改变丝带上波的长度和形状，从而做出各种美丽的姿势。



波的类型多种多样。它可以携带的能量可多可少；波的长度也可短可长，可疏可密；传播可快可慢。然而所有的波都具有某些共同的性质。波的基本性质包括振幅、波长、频率和速度。

波的图解

通过图示，可以帮助我们理解波的性质。绳子上的横波很容易画。以图 1−5 所示的横波为例，以水平线作为绳子受扰动前所处的位置，这也是它静止时的位置。当一个波通过时，绳子在静止位置上下运动。记住波峰和波谷分别是波的最高点和最低点。

画纵波时，把弹簧玩具的密部设想为横波的波峰，疏部设想为横波的波谷。通过把密部和疏部分别当作波峰和波谷，你就能像画横波那样画纵波了。

想一想 ***纵波的哪个部分类似于横波的波峰？***

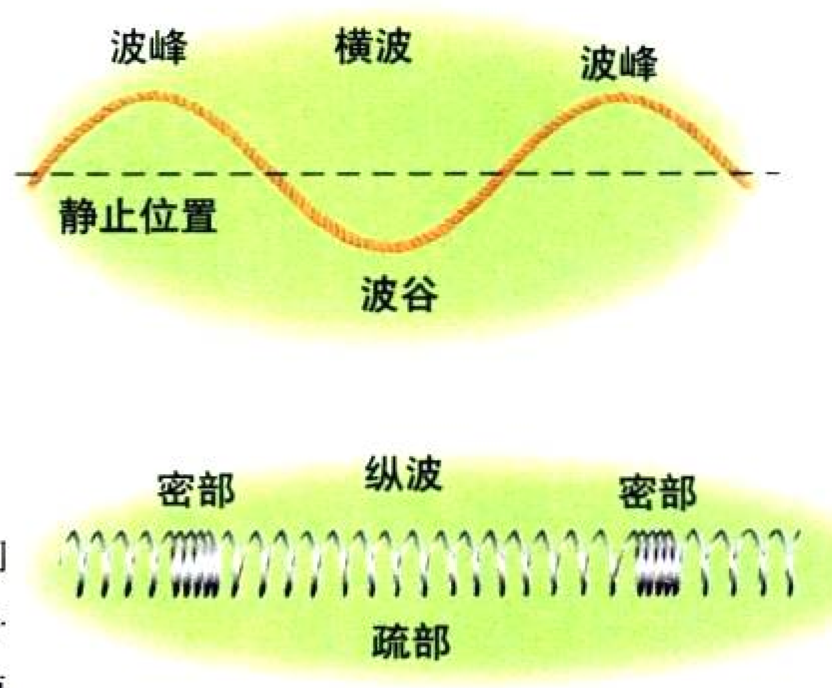


图 1-5 横波的波峰和波谷是介质粒子离静止位置最远的点。纵波的密部对应于横波的波峰。

振幅

有些波非常明显，很引人注目，而另外的波却不显眼，几乎不为人所注意。水波运动时，水上升的距离取决于通过水的波的振幅有多大。**振幅(amplitude)**是传递波的介质粒子离开静止位置的最大距离，振幅是度量介质粒子受波的扰动后运动强弱的量。水波的振幅是水粒子在水平面上下运动的最大距离。

你已知道，波是由物体的振动产生的。振动时，介质运动得越远，所产生的波的振幅也就越大。例如增大手的上下运动距离可以增加绳子的振动幅度，这使得在绳子上运动的波获得了更多的能量，波的振幅也就相应增大。因此，波的振幅是波所具有的能量的直接量度。

横波的振幅 比较图1-6中的两个横波，你可以看到，波 A 比波 B 上下运动的距离大。横波的振幅是介质远离静止位置上下运动的最大距离。静止位置到波峰或波谷的距离就是横波的振幅。

图 1-6 横波的振幅是静止位置到波峰或波谷的距离。
测量 哪个波具有较大的振幅？

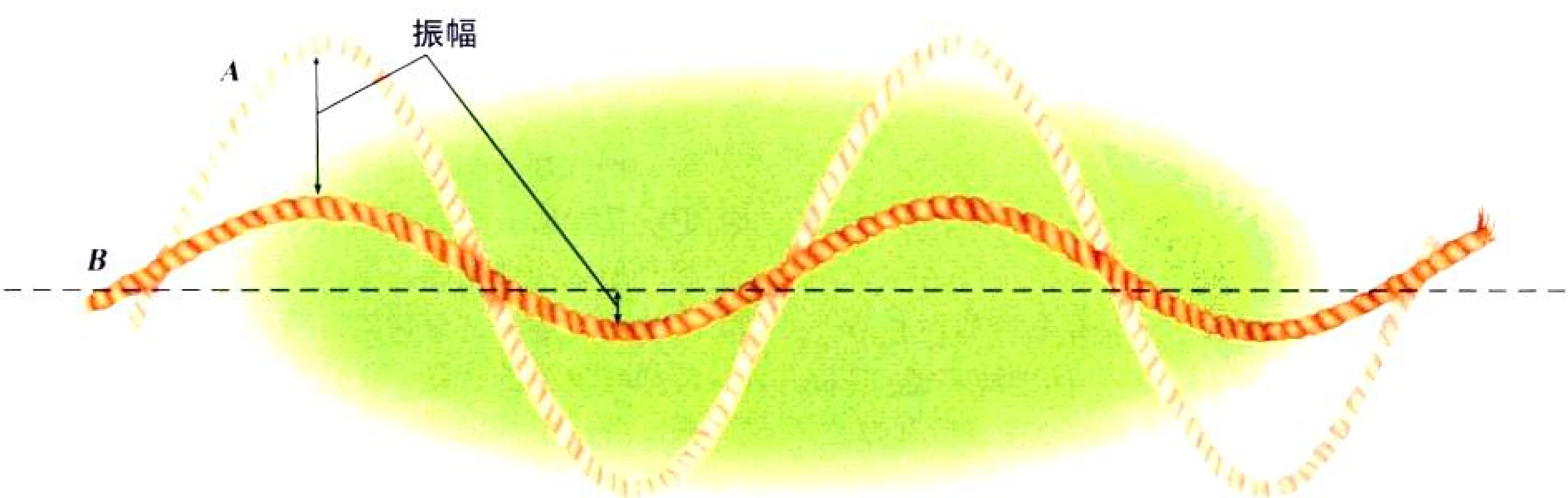
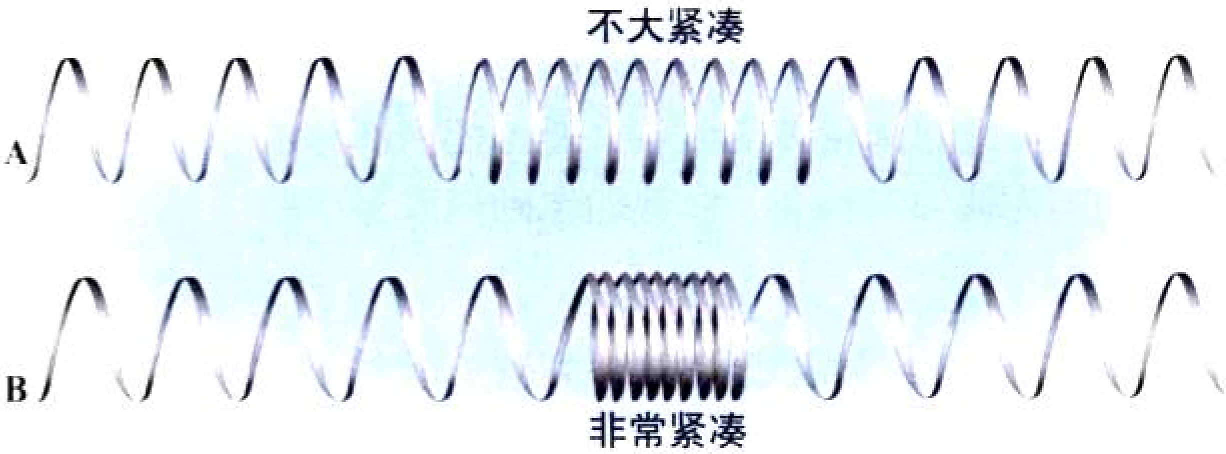


图 1-7 如果纵波的密部非常紧凑，那么这个波就有较大的振幅。

图解 *哪个纵波振幅较大？*



纵波的振幅 纵波的振幅是度量介质变得紧凑或稀疏程度的量。高能振动使波的密部变得非常紧凑，同时使波的疏部变得非常稀疏。纵波的密部越密，疏部越疏，就意味着波的振幅越大。

技能实验室

观察

纵波的振幅

现在轮到你在弹簧玩具上制造波了。通过实验，你将观察到波的一些性质。

问题

波在弹簧玩具中是怎样传播的？

重要技能

比较　　分类

材料（每组）

弹簧玩具　　米尺

步骤

1. 在光滑的地板上，把玩具弹簧拉长至大约3米长。两人一组，你手持一端，让同伴手持另一端。注意不要过分拉伸弹簧。
2. 抓住玩具弹簧的一端的几个螺旋往外拉。
3. 放开手，观察弹簧的运动。当扰动到达你的同伴时，发生了什么情况？把你所观察到的画下来。
4. 让同伴在地板上将玩具弹簧的一端先向左再向右移动，移动时弹簧两端一定要握牢。把观察到的波的图形画下来。
5. 重复第4步，同时增加左右移动弹簧的频率。把你观察到的记录下来。
6. 把玩具弹簧一端的20个螺旋圈挤在一起，形成一个密部。
7. 释放被压缩的部分弹簧，观察当它向前传播时发生的扰动。把你的观察记录下来，并注上标记。

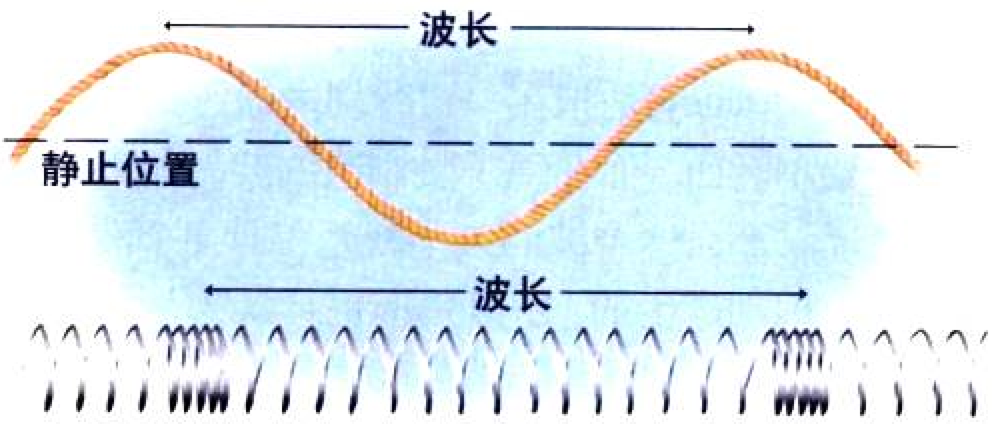
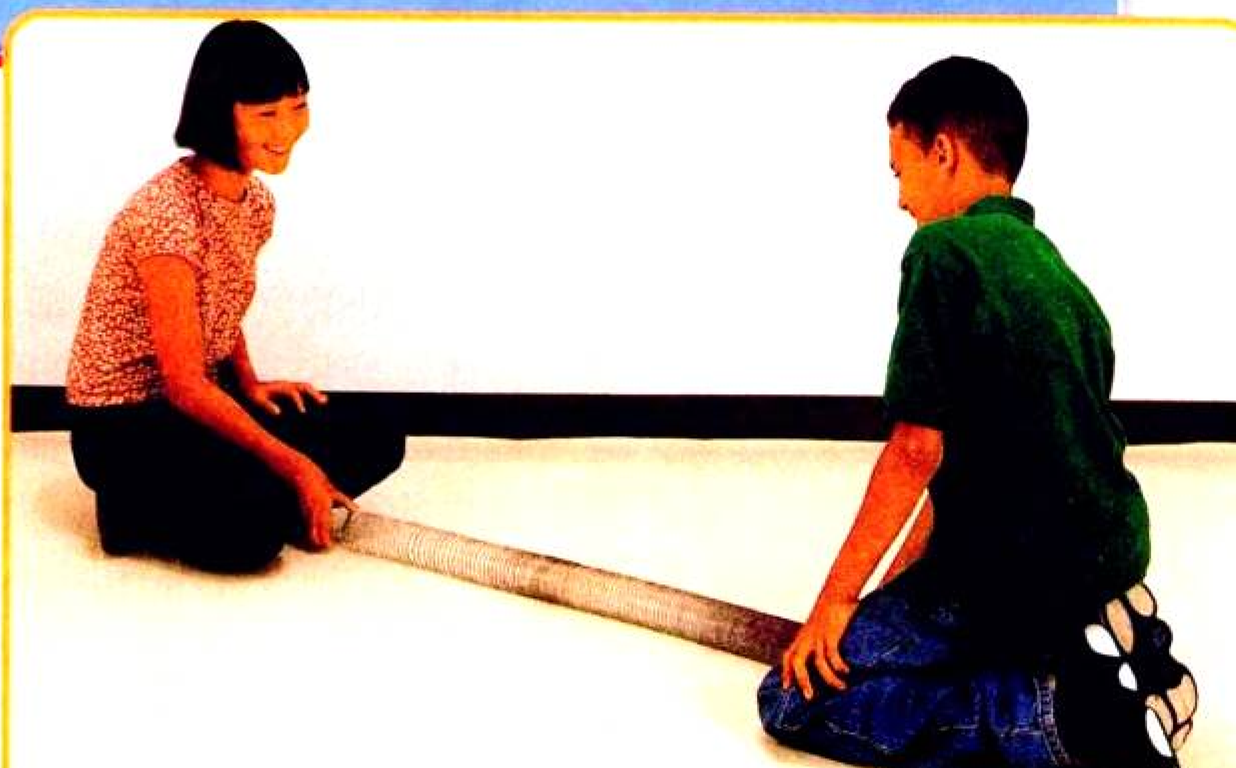


图1-8 横波的波长是波峰与波峰之间的距离，纵波的波长是密部与密部之间的距离。

波长

波在重复之前将传播一定的距离，一个波的两个对应部分之间的距离就是它的**波长(wavelength)**。横波的波峰到波峰或波谷到波谷的距离就是横波的波长。同样，从纵波的一个密部到下一个密部的距离就是纵波的波长。



分析和结论

1. **比较** 将第1～5步中产生的波与第6～7步中产生的波进行比较。
2. **分类** 第1～5步中产生的波是横波还是纵波？说明你的理由。
3. **比较** 在第3步，比较原来的波和返回的波。
4. **分类** 第6、7两步中产生的波是横波还是纵波？说明你的理由。
5. **解释数据** 当你增加玩具弹簧左右移动的频率时，波的波长和频率有什么变化？
6. **提出假设** 你是怎样改变你所制造的波的振幅的？
7. **交流信息** 根据你的观察，运用图形和文字，描述波在玩具弹簧中传播的两种方式。

进一步的探索

收集各种各样的玩具弹簧，最好是尺寸和材料不同的，比如金属和塑料玩具弹簧。探讨你在每个弹簧上所产生的波的差异以及造成这些差异的原因。

频率

波的**频率(frequency)**是指在一定时间内通过给定点的完整的波的个数。例如，你在绳子上制造的波，如果每秒钟有一个波通过，那么这个波的频率就是每秒1个波。

由于波是由振动产生的，所以频率也可认为是每秒钟内振动的次数。为了增加绳子上波的频率，你可以加大你的手上下运动的次数，如每秒两次或三次；为了降低频率，你可以减少你的手上下运动的次数，如每两秒或三秒一次。

频率的单位是**赫兹(Hertz Hz)**。每秒通过一个波或发生一次振动，那么这个波或振动就具有1 Hz的频率。同理，如果每秒有两个波通过，那么这个波的频率就是2Hz。赫兹是以德国科学家**Heinrich Hertz**的名字命名的，因为他是制造出无线电波的第一人。

☑ ***想一想*** ***如何增加绳子上的波的频率？***

速度

请想象一下，在盛夏的一天，突然下起雷雨时的情景。首先你看到的是闪电，几秒钟后才听到轰隆隆的雷声。实际上，闪电和雷声是同时发生的，但为什么它们到达你所处的位置的时间却不相同呢？这是因为声音和光的传播速度相差悬殊，光的传播要比声音快得多的缘故。不同的波以不同的速度传播。波的速度是指波在单位时间内传播的距离，即距离除以时间的值。

波的速度、波长和频率存在如下数学公式所示的关系：

$$速度 = 波长 \times 频率$$

只要知道速度公式中的任意两个量，你就可以计算出第三个量。比如，知道波的速度和波长，你就可以计算出它的频率：

$$频率 = \frac{速度}{波长}$$

如果知道速度和频率，你也可以计算出它的波长。

在不同介质中，波的传播速度也不同。在给定的介质和同样的条件下，波的速度是个常量。例如所有的声波在同样的气压和温度条件下，在空气中的传播速度是相同的。

数学工具箱

带单位运算

在进行带单位的量的运算时，你可以把单位作为数字处理。

比如，如果一个物体在2秒内运动了6米，那么它的速度为：

$$速度 = \frac{距离}{时间} = \frac{6\,米}{2\,秒} = 3\,米/秒$$

湖面上的一个波的波长为0.5米(m)、频率为2赫兹(Hz)(2Hz=2次每秒或2次/s)。波的速度可用下面的公式计算：

$$速度 = 波长 \times 频率$$

分别代入相关数据后，就有：

$$速度 = 0.5m \times 2Hz = 0.5m \times 2/s = 1m/s(1\,米/秒)$$

该波的速度是1米/秒。注意单位是米/秒。这是常用的速度单位。

如果气压或温度改变了，声音的传播速度也会发生相应的变化。

当同一类型的波在同一介质中以同一速度传播时，如果频率发生了变化，你认为会出现什么情况呢？根据频率、速度和波长的关系，当你用波长乘以变化后的频率时，应该得到和变化前相同的速度。因此，如果你增加波的频率，那么这个波的波长必然减小。

运用数学模型

计算频率

一条绳子上传播的波的速度是50厘米／秒，它的波长是10厘米，那么它的频率是多少？

① *阅读和理解*　题中给出了哪些信息？

速度 = 50厘米／秒　　波长 = 10厘米

② *思考和解题*　需要你计算什么量？

波的频率 = ？赫兹(Hz)

哪个公式既含有已知量又含有未知量？

$$频率 = \frac{速度}{波长}$$

完成计算

$$频率 = \frac{速度}{波长} = \frac{50厘米/秒}{10厘米} = \frac{5}{秒} = 5赫兹(Hz)$$

③ *复查和检验*　你的答案有意义吗？

波速是每秒50厘米，因为从一个波峰到下一个波峰的距离是10厘米，所以每秒钟将有5个波峰通过绳子上的一点。

数学练习： 1. 一束波的波长是2毫米，频率是3赫兹，它的传播速度是多少？

2. 吉他弦上的波速是142米／秒，频率是110赫兹，它的波长是多少？

第二节复习

1. 列举波的四个基本性质，描述每个性质。
2. 波的速度、波长和频率之间有什么关系？
3. 两个波可以具有相同的波长但却具有不同的振幅吗？请解释。
4. **理性思维　应用概念**　当你绷紧一根铜丝时，在它上面传播的波的速度也会增加，但是波长保持不变，那么这时波的频率会发生怎样的变化呢？

课题 1

检查进度

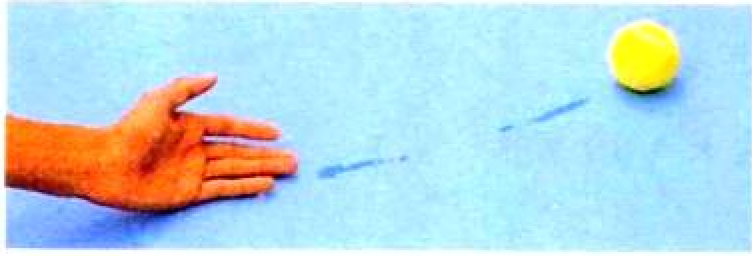
观察你列出的周期运动的振幅、波长、频率和速度。在给定的时间内，每种周期运动可以完成多少次重复？一个周期事件从结束到再次开始要花多长时间？比较周期运动的物体的最高和最低位置或最近和最远位置。将你的观察记录在你的笔记本上。

SECTION 3 波的相互作用

探索 活动

球是如何弹回来的

1. 在墙根上选择一点，从距离该点1米远的地方，沿着地板径直向你所选的点滚一个湿的棒球，通过观察地板上的湿迹来观察球被弹回的角度。



2. 再次把球浸湿，从不同的位置向你选的点滚动湿球，注意滚球的位置要和墙成一定角度。观察球被弹回的角度。

思考

提出假设 你认为球撞墙的角度和弹回时的角度有什么关系？再选择几个不同的位置向墙上同一点滚动球，检验一下你的假设是否正确。

阅读指南

- 波是如何发生折射的？
- 波之间是如何相互作用的？

阅读提示 阅读前，先预习第28～29页的“探索波的相互作用”，列出你在那里发现的所有不熟悉的词，阅读时，再补上每个词的定义。

在一个炎热的夏天，你第一个来到游泳馆，游泳池的水面宁静如镜。你伸一只脚到水中，想试一下水温。脚搅得水面荡起了一圈圈涟漪，它们经过水面向远处的池壁传播过去。**当这些水波撞到墙上后，又被墙弹回，向你传播过来。**

反射

水波撞到游泳池壁后，就会反弹回来。当一个物体或波撞到一个它们无法通过的界面时，就会反弹回来。这种现象称为**反射(reflection)**。

为了表示波的反射，在波的运动方向上画一条线，这条线与墙或者界面垂直。**入射角(angle of incidence)**是入射波和设想的垂直线之间所夹的角度，**反射角(angle of reflection)**是反射波和设想的垂线之间所夹的角度，那么，反射定律认为，波的入射角等于反射角，所有的波都遵守这个反射定律。

日常生活中有许多反射的例子：一个球撞墙后就弹回来；当你照镜子时，正是因为光的反射你才能看到自己；回声也是声音反射的结果。

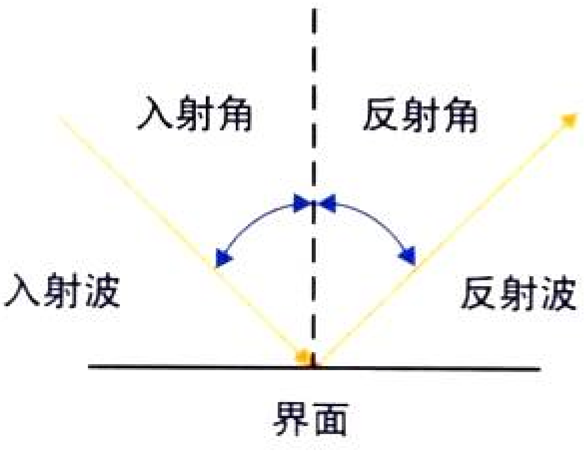


图1-9 反射角等于入射角。

折射

你推过一辆轮子不太灵活的购物车吗？如果推过这种车，那你一定知道控制这辆车的方向有多么难！因为这个僵硬的轮子不像其他车轮那样能够快速而灵活地转动。当你推车的时候，车子总是向坏轮子的那一边偏斜，从而改变方向。波也会发生类似的情况。**当波从一种介质进入另一种介质时，往往会改变方向。这是因为，当波以一定角度进入一种新介质时，它在新介质里传播的速度与在原介质里传播的速度会有所不同，于是波的方向就发生了改变。**这种因速度的改变而引起的波的偏折，称为**折射 (refraction)**。

尽管所有的波在进入新介质后，波速都发生了改变，但它们并非总会发生折射。折射一般发生于波同时在新旧介质里传播的情况下。进入新介质的一部分改变了速度，而另一部分仍以原来的速度传播，波的两个部分在两种介质中以不同的速度传播，导致波的折射。

☑ ***想一想*** *什么是折射？*

衍射

有时，波可以绕过其传播路径上的障碍物。例如，波浪可从狭窄的入口进入港湾，然后再在港湾内扩展开来。图 1-10 显示了水波进入港湾后发生衍射的情况。

当波通过一个障碍物或通过障碍物的一个小孔时，它先发生弯曲，然后再扩展开来。波在障碍物周围发

增进技能

观察

活动

这里教你如何观察当波从一种介质向另一种介质传播时发生的现象。

1. 在光滑的桌面上把一根吸管径直滚向一片厚绒布或一片纸巾，观察吸管的运动在离开光滑平面后有什么变化？
2. 改变吸管的运动方向(即与布或纸成一定角度)后，重复第一步。

观察 吸管碰到布或纸时发生的现象。你的结果和当波发生折射时的现象有什么相似性？

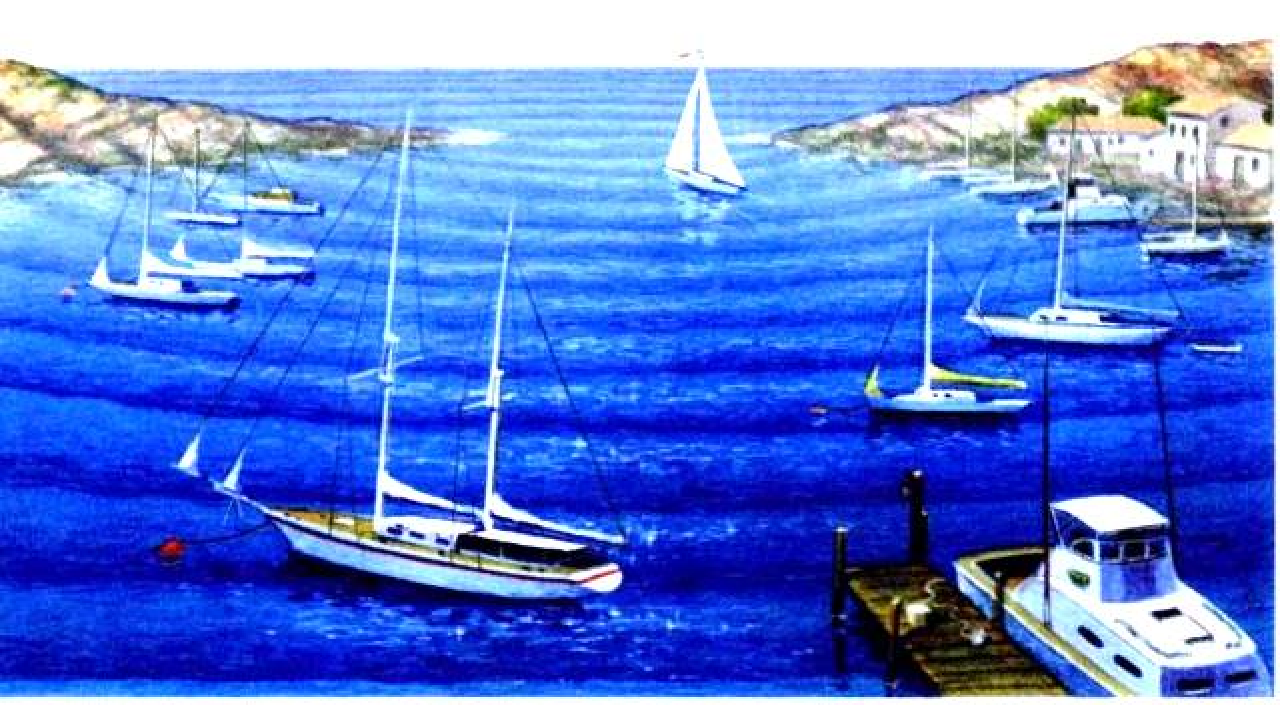


图1-10 来自大海的波浪进入港湾并扩展开来，这是衍射的一个例子。

预测 *如果港湾的开口再大一些，你认为港湾的水波将发生怎样的变化？*

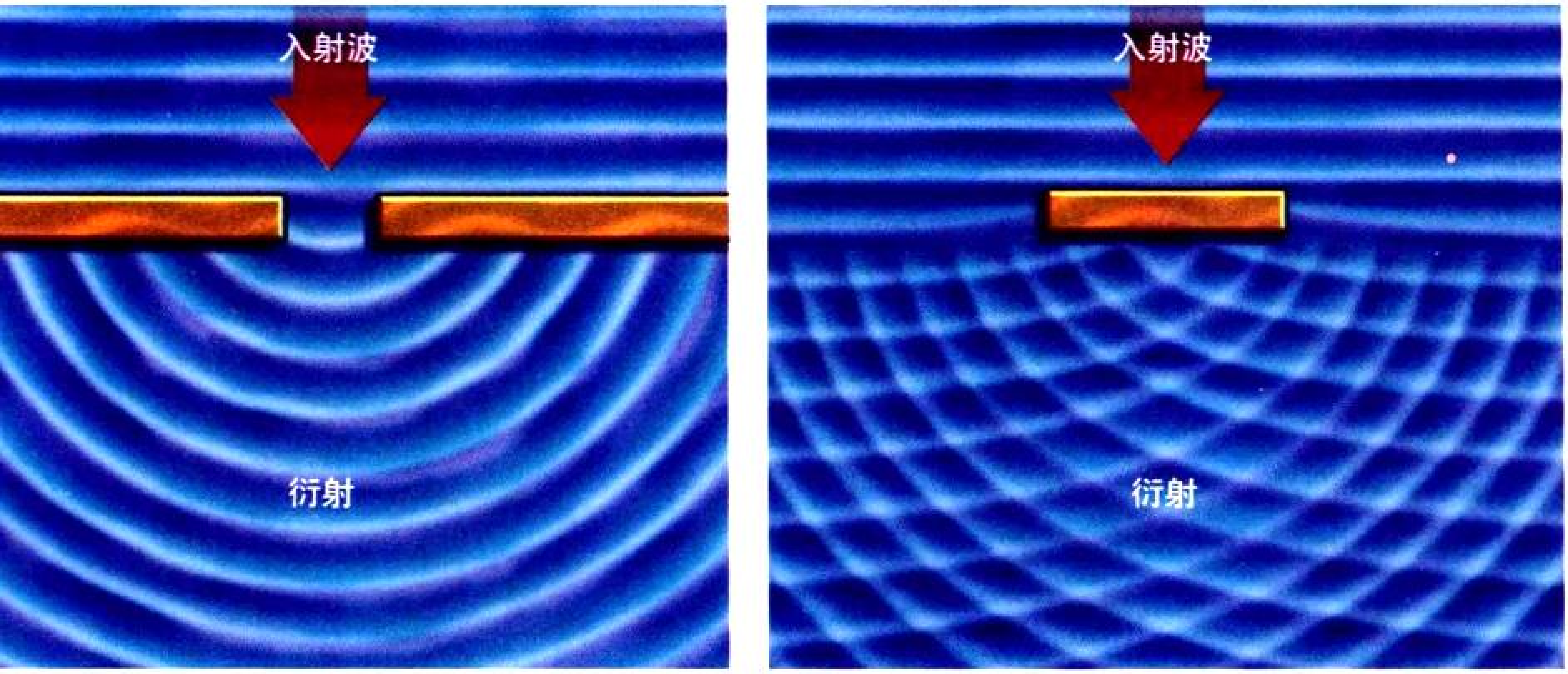


图1-11 如图显示了波是如何衍射的。波可以通过障碍物上的一个小孔(左),也可以绕过一个障碍物(右)。

生方向改变的现象称为**衍射(diffraction)**。图1-11分别显示了水波通过障碍物的一个小孔,以及绕过障碍物的情况。在每种情况下,你都可以看到在障碍物的另一边发生了波的衍射。

☑ **想一想** *什么是衍射?*

干涉

如果你和同伴各持绳子的一端,然后同时分别摇动绳子,那么,你们将各向对方送出一个波。这两个波相遇时会发生什么情况呢?

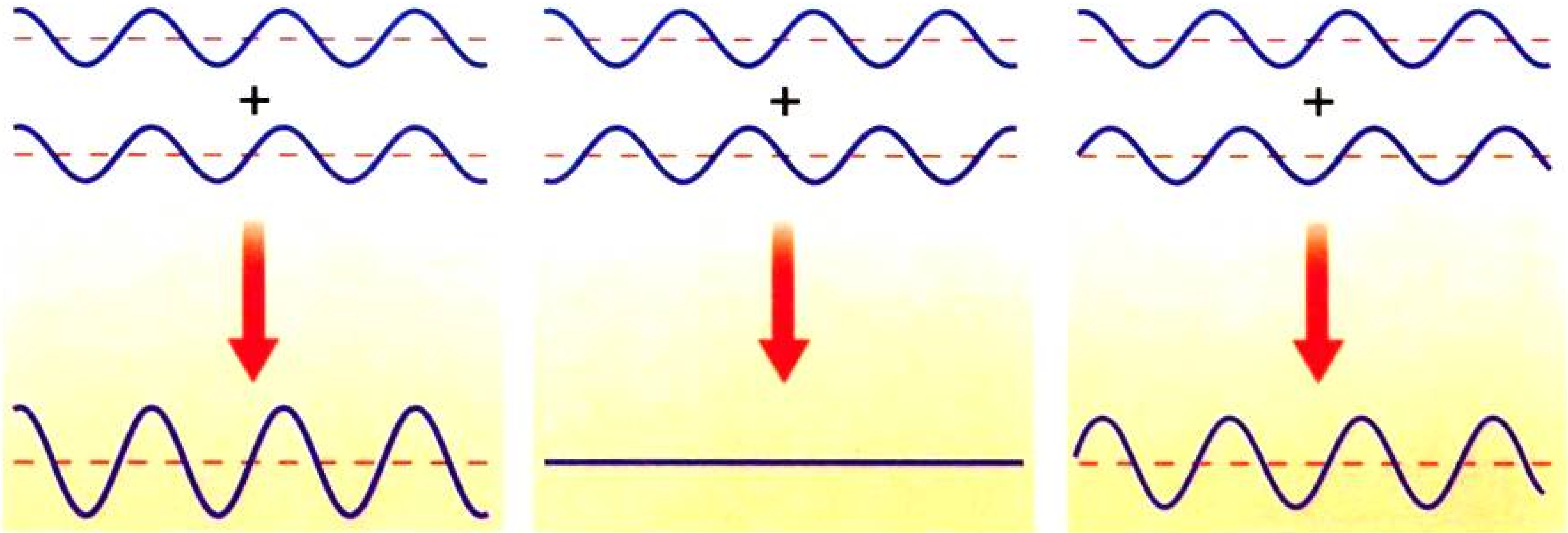
当两个或更多的波相遇时,他们会彼此产生作用,这种相互作用称为**干涉(interference)**。干涉有相长干涉和相消干涉两类。

相长干涉 如果两个波相遇后结合而产生一个具有更大振幅的波,就发生了**相长干涉(constructive interference)**。相长干涉可以认为是几个波之间发生了"互相帮助",从而得到了一个更强的结果或得到了附加的能量。

如图1-12所示,两个相同的波(同样振幅、同样波长)在相同时间内正向同一个方向传播。如果两个波在同一时间沿相同的路径传播,那它们表现得就像一个波一样。那么,这两个波结合后产生的新波会是怎样的呢?第一个波的波峰和第二个波的波峰出现在同一个地方,而来自两个波的能量也将结合在一起!因此新波的振幅将是原来任一个波的振幅的2倍。

如果两个波有同样的波长,但振幅不同时,那么它们的波峰仍出现在同一个地方并叠加在一起,结果是振幅变成原来两个波的振幅之和。类似地,它们的波谷也同时出现,得到一个比原来任一个波的波谷都深的波谷。

图 1-12　此图表明，两个同样的波是怎样结合的。



A. 当波峰叠加时，两波合在一起，产生了具有 2 倍原来振幅的新波。

B. 当一个波的波峰和另一个波的波谷叠加时，它们相互抵消。

C. 如果一个波在另一个波稍后一点传播，则它们在有些地方相长有些地方相消。

相消干涉　如果两个波的振幅相互结合形成一个较小的波，这就称为**相消干涉(destructive interference)**。如果两个波的波峰不在同一个位置相遇，那么会发生怎样的情况呢？在这种情况下，一个波跟在另一个波之后。图 1-12B 显示了当第一个波的波峰和第二个波的波谷发生在同一个地方时所出现的情况。这种干涉产生了一个零振幅的波，原来的两个波都被消灭了。如果这两个波的振幅不同，则它们将不会全部抵消，而是结合产生一个具有较小振幅的波。

如果两个同样的波沿同一路径传播，但两个波的运动一前一后，这样的两个波将在有些地方发生相长结合，而在另外一些地方发生相消结合。

驻波

如果你把绳子系在一个门把手上并连续地摇动自由的一端，那么，波将沿绳子向前传播，在另一端发生反射并返回来。被反射回来的波将和输入的波相碰撞，这样两个波将相遇并发生干涉。当他们互相干涉后又各自继续向前传播，好像干涉从来没有发生过一样！

如果入射波和反射波在适当的位置上结合，结合后的波似乎静止不动了。像这样两个波在相互通过时发生了干涉而结果生成了一个似乎静止的波，就称为**驻波(standing wave)**。如果你在一根绳子上制造了一个驻波，那么这个波看起来就好像是静止的一样。但事实上，波正沿着绳子在两个方向上传播。

·试 一 试·

干涉波　活动

1. 将两个一样的空瓶子紧贴着放在一起。把一根麦秸从一个瓶子的瓶口放到它的底部。轻轻地吹麦秸的另一端，直到你能听到声音。请描述听到的声音。
2. 把两根麦秸分别从两个瓶子的瓶口放到它们的底部。同时吹这两根麦秸的另一端，请描述你所听到的声音。
3. 往一只瓶子里加少许水。分别吹两只瓶子里的麦秸，注意两次发出的声音有什么不同。
4. 在第 3 种条件下，类似第 2 种做法，同时吹两根麦秸，注意这时的声音。

观察　*描述你在第 4 种情况下所听到的声音，这个声音与你在前面三个步骤中所听到的声音有什么不同？*

探索 波的相互作用

当波与固体、波与波相互作用时，它们的表现形式多种多样。

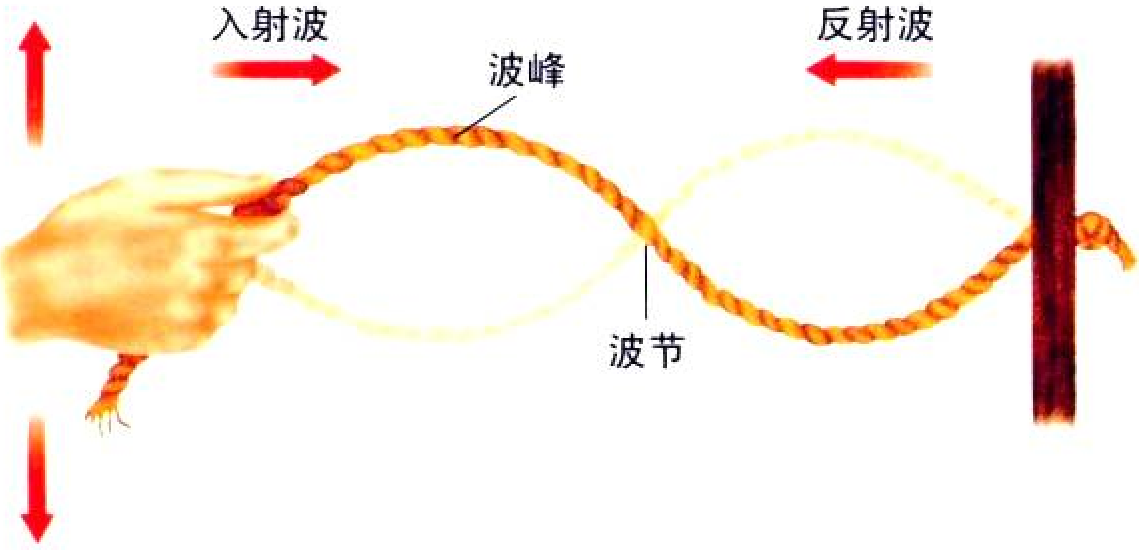


波节和波腹 在某些点上，两个波发生相消干涉后在这里形成零振幅，如图1-13所示。这些点称为**波节(node)**，波节总是发生在绳子的同一位置。图1-13也画出了两个波结合后振幅大于零的情况。驻波的波峰和波谷被称作**波腹(antinode)**。这是具有最大能量的点。

共振 你曾经推过秋千上的孩子吧？开始的时候，推秋千是困难的。可是一旦你让秋千荡起来后，只要用很小的力气就可以保持它的运动。当一个物体以一定的频率振动时，只需很少的能量就可以维持或增加波的振幅。

多数物体都有固有的振动频率。它们的粒子以某个固定的频率自然地振动。如果通过一个物体的振动和物体的固有频率相匹配时，就会发生**共振(resonance)**。如果相同的频率叠加在一起时，物体振动的幅度将会增加。

图1-13 反射波和入射波相互作用后产生驻波。波节是振幅为零的点，波腹是振幅最大的点。





一个以其固有频率振动的物体可以从以同一频率振动的其他物体上吸收能量。如果各种乐器发出的声波发生了共振，音乐便具有了独特的音质。

如果一个物体弹性较差，共振可以使它破碎。例如，当步行的队伍通过桥梁时，必须打乱步伐，便步走。如果他们以整齐的步伐通过一座桥梁，这种有节律的步伐可能与桥梁的固有频率正好匹配，这样，桥梁就可能因振动加剧而断裂。

第三节复习

1. 什么是波的反射定律？
2. 引起折射的原因是什么？
3. 描述相长干涉与相消干涉的区别。
4. 形成驻波的原因是什么？
5. **理性思维** **预测** 两个水波有相同的波长，两波的波峰发生在同一个地方，如果一个波的振幅是另一个波的振幅的2倍，那么它们会发生相长干涉还是相消干涉？请解释你的理由。

身边的科学

征得父母同意后，往厨房水槽里注入大约10厘米深的水。用手反复插入水中产生水波，向你的家人介绍反射和干涉。想办法用实验演示折射和衍射。

技能实验室

建立模型

产生波

在这个实验中，我们要制作一个模型来研究波的性质。

问题

水波之间是如何相互作用的？水波和传播途径上的固体障碍物又会发生怎样的相互作用？

材料

水　胶头滴管　米尺　纸巾
橡皮泥(用来制作模型)　软木塞或其他小浮块　带波纹的水槽(底部放入带有镜面的铝箔平底盘)

重要技能

观察　建立模型

步骤

第一部分 滴水

1. 往槽里加水，直到水面距槽底1.5厘米。让水静止下来。
2. 将槽的一端抬起约4厘米，然后快速放下。观察水的运动，直到它恢复静止。把你的观察记录在下面的表格中。
3. 用胶头滴管吸入水，从约10厘米高处向槽的中心滴一滴水，观察产生的水波。在同样的高度用滴管向槽中不同的位置滴水。
4. 继续向槽里滴水。
   a. 当水波撞到槽壁时，会发生什么现象？两个波相撞时会发生什么现象？
   b. 如何才能改变水波的振幅、波长和频率？
   c. 为了观察波的行为，你会怎样调整实验？
5. 预测一下，如果改变滴水的高度，水波的振幅会发生什么变化？
6. 分别从20厘米和5厘米高度滴水，把你的观察记录下来。
7. 预测一下，若在槽的一端放一块纸巾，对波的反射有什么影响。
8. 把纸巾挂在槽的一端并使它低垂于水中。重复第3～6步，把你的观察记录下来。



数据表

滴水的高度 1厘米	距离槽心的水平距离 1厘米	观察	
		没有障碍物	有障碍物



第二部分　障碍物

9. 去掉纸巾并在槽中央的水中放一块橡皮泥。用滴管产生更多的波，观察当水波从槽的一端碰到橡皮泥时所发生的现象。

10. 把橡皮泥放在不同的位置，以便水波从不同的角度撞击它。把观察到的所有现象记录在你的笔记本上。

11. 将两块橡皮泥放入水槽中，使橡皮泥之间形成一个2厘米的狭缝。观察并记录水波碰到障碍物及障碍物上的开口时所发生的现象。改变障碍物在槽中的位置，再观察情况是否发生了变化。

12. 现在把障碍物的开口从2厘米扩大到5厘米。观察并记录当水波撞到障碍物及障碍物上的开口时所发生的现象。

13. 往水中加入一个像软木塞之类的小浮块，注入水后重复第9～12步。观察并记录每一步中软木塞的运动情况。

14. 实验结束时揩干溢出的水。

分析和结论

1. **观察**　挂在水槽中的纸巾对水波有怎样的影响？

2. **观察**　如果水波迎头撞到障碍物上，会发生什么现象？如果它是以一定的角度撞到障碍物上呢？

3. **观察**　当水波撞到中间有一开口的障碍物时，会发生什么现象？如果障碍物有三个开口呢？

4. **建立模型**　你的实验中，纸巾表现了波的什么性质？软木塞又表现了波的什么性质？

5. **应用概念**　拿你的模型中波的行为特征与海湾中波的行为特征相比较，你有怎样的认识？

6. **交流信息**　改进你的模型。写一段文字讲述你的模型如何表现了波的相互作用的实际情况，并说明你的模型的局限性。

进一步的探索

预测一下，如果你能在带波纹的水槽里形成一个均匀稳定的水波，并且持续较长的时间，那么会发生什么现象呢？用底部有一个针孔的塑料瓶做一个滴管，它将有助于验证你的预测。征得老师同意后，用你的滴水装置做实验。

SECTION 4 地震波

探索 活动

怎样找出装沙的筒

1. 在一个塑料空盒中装满沙子，盖紧盖子。
2. 将装有沙子的盒子和另外4个空盒混在一起后放在桌上，注意不能让你的同学知道哪个装了沙子。
3. 用拳头敲打几下桌子，然后让你的同学指出哪个胶卷盒装有沙子。
4. 用双面胶把每个胶卷盒粘在桌子上，然后再敲打几下桌子。现在你的同学能指出哪个胶卷盒装有沙子吗?

思考

推论 敲打桌子能产生波。为什么装有沙子的盒子和其他空盒子会有不同的表现呢?

阅读指南

- 当地球表面下的岩体运动时，会发生什么现象?
- 地震波有哪些类型?
- 地震仪是如何工作的?

阅读提示 当你阅读时，列一个表来比较主波、次波和表面波的异同。

大海中的某些惊涛骇浪起源于地球深处。1883年8月27日，印度尼西亚的喀拉喀托火山喷发，引发了一系列地震。地震产生的各种波从该岛传向周围的海水。在宽阔的洋面上，开始时只有大约1米高的海浪。在远海上航行的船上的人们甚至没有发觉波浪从身边经过。但当海浪进入陆地附近的浅水时，波浪的传播速度变慢了，这使得后浪追上了前浪并堆积在上面。结果海浪不断变高。最前面的浪变成了一堵超过35米高的水墙。在爪哇岛和苏门答腊岛上，数以千计的人被冲上陆地的这些巨浪所吞噬。

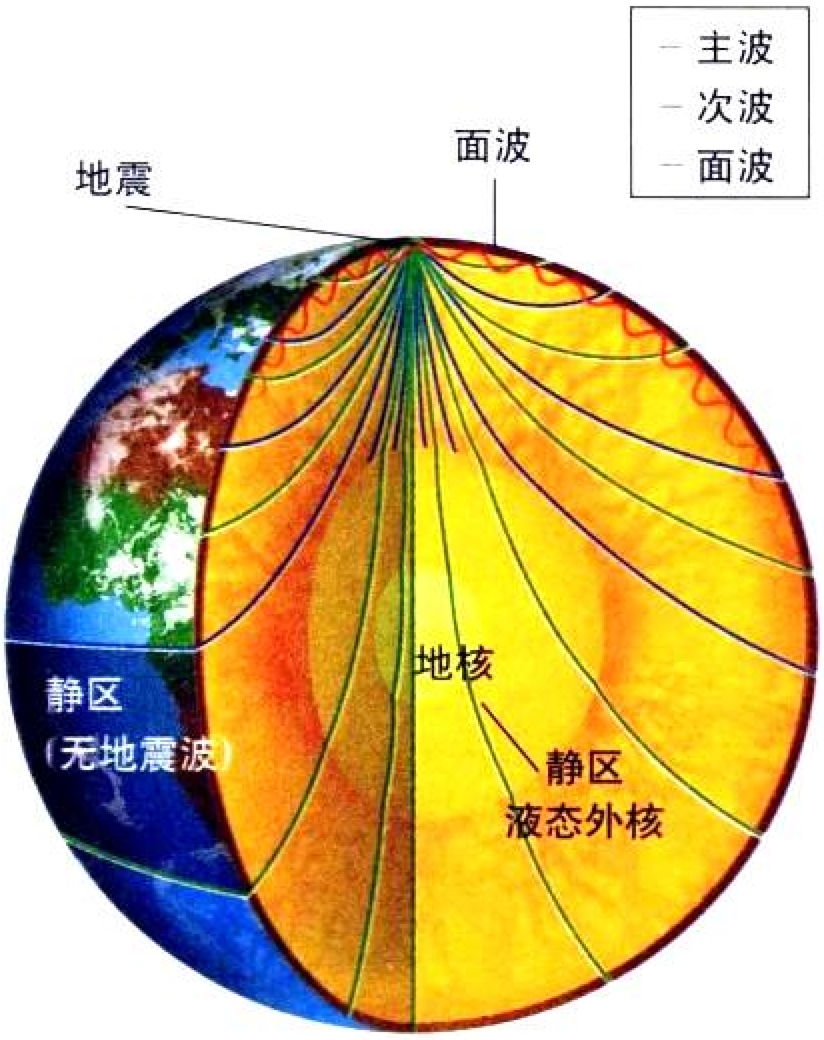


图1-14 该图展示了一个抵达爪哇岛海岸的巨大海浪。它是由40千米以外的喀拉喀托火山喷发引起的地震造成的。

地震波的类型

当地表下的岩体剧烈运动时，地震就发生了。地球板块的移动产生了岩体里面的应力。**当岩体里的应力积蓄到足够大时，岩石便碎裂或变形，并以波或振动的方式释放能量。**地震产生的波就是大家知道的**地震波（Seismic Wave）**。seismic一词来自希腊语seismos，即地震的意思。

地震波从地震发生的地方向所有的方向传播开来，并携带着能量穿过地球。地震波能够从地球的一端传到另一端。**地震波可分为主波、次波和表面波。**



仅有主波抵达的区域

图1–15 主波能够传播到地球的任何地方。次波不能穿越地核。表面波仅能沿着地球表面传播。静区是没有地震波的地方。

应用概念 *为什么次波不能穿越地核？*

主波 第一种地震波是纵波。纵向的地震波被称为**主波（primary wave）**，也称P波。它们之所以被称为主波是因为它们比其他地震波运动得更快，并在其他波之前率先抵达了更远的地方。主波是由地球内部岩石的压缩和疏松产生的。

次波 第二种地震波是**次波（secondary wave）**，也称S波，它是一种横波。次波不能穿过液体。因为地核部分是液态的，因而次波就不能直接穿越地球，于是地震发生处对面的地球各地也就探测不到它。因此，处在与震源对面的那一边的科学家们只能探测到主波。

表面波 当主波和次波到达地球表面的时候，它们当中的一部分转变成**表面波（surface waves）**，表面波类似于在水面传播的波。回想一下前面讲过（第17页）的，表面波是纵波与横波相结合的波。尽管表面波传播得比主波和次波都要慢，但它们却是造成最剧烈的地面运动的元凶。

发生在水下的地震在海洋上形成了称为**海啸（tsunamis）**的巨大表面波。海啸抵达陆地时能够造成严重的灾难。

☑ ***想一想*** *主波与次波有何差异？*

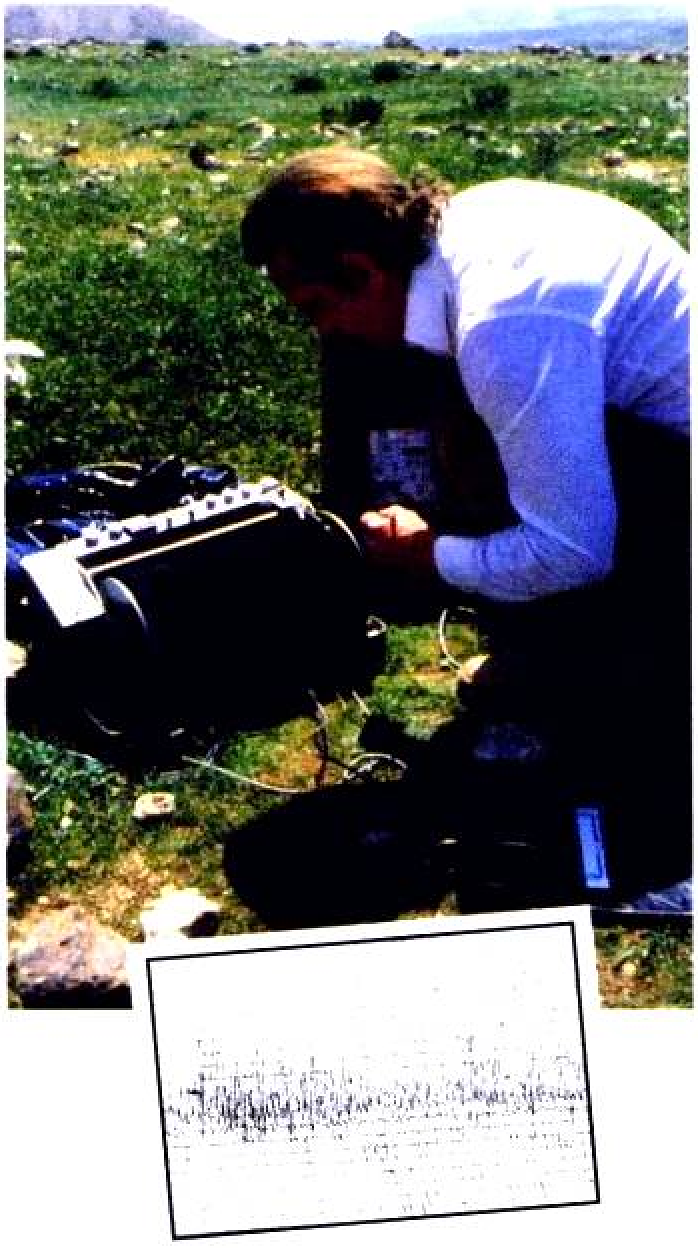


图 1-16 科学家正在用地震仪收集有关地震的数据。

检测地震波

如果你做了本节开始的探索活动，你就会知道，波携带的能量不同，所产生的效应也会不同。为了检测和量度地震波，科学家使用一种叫**地震仪(seismograph)**的仪器。地震仪可以测定地震波穿过地球时所引起的地面运动情况。

地震仪用支架架设在地面上，这样，当地震波到达地震仪所处的位置时，支架就会摇晃。以前的地震仪上有附在支架上的笔，当地表摇晃时，笔就在卷纸上画出波形图。现在科学家使用的是电子地震仪，它用计算机记录地表运动的数据。

因为主波穿过地球的速度比次波快，所以主波先于次波抵达地震仪。通过测量主波和次波抵达地震仪的时间差，科学家可以知道地震发生的地点。通过比较位于地球上至少三个不同位置的地震仪的数据，科学家就能够较为精确地测知地震发生的位置。

与技术科学的综合 石油、水、矿产和其他有价值的物质均隐藏在地表下面。为了勘测地下资源状况，地质学家可以通过引发爆炸来制造一个小规模地震。爆炸引起的地震波被地底深处的结构反射到置于爆炸中心周围的地震仪上。通过地震仪测得的数据，地质学家就能确定地底矿产资源的情况和位置。

第四节复习

1. 地震波是由什么引起的？
2. 描述地震波的不同类型？
3. 地震仪是如何帮助科学家确定地震发生的位置的？
4. **理性思维** **应用概念** S波可以从月亮的一面穿过月心到达另一面。这能让你了解关于月心结构的什么知识？请说明理由。

身边的科学

探索波是怎样通过不同的固体的。让家人或朋友用勺子敲打桌子的一端，你站着听敲打声；然后将耳朵贴在桌子的一端，再来听敲打声。你注意到两次敲打声有什么不同吗？试着敲打你能发现的各种固态物体表面，你观察到了一些什么情况？

SECTION 1 什么是波

知识要点

- 波是一种扰动，这种扰动能把能量从一个地方传递到另一个地方。
- 横波有波峰和波谷，纵波有密部和疏部。
- 当一个能量源引起一种介质振动时，波就产生了。
- 根据波的运动方式，波可以分成横波、纵波和表面波三类。

关键术语

波	波峰
能量	波谷
介质	纵波
机械波	密部
振动	疏部
横波	表面波

SECTION 2 波的性质

知识要点

- 波的基本特征是振幅、波长、频率和速度。
- 一个波的振幅是介质粒子远离平衡位置的最大运动距离。
- 波的速度、频率和波长具有如下的关系：
速度 = 波长 × 频率



关键术语

振幅	频率
波长	赫兹

SECTION 3 波的相互作用

知识要点

- 当一个物体或波撞到无法通过的表面时就会被弹回。反射定律指出，波在反射时反射角等于入射角。
- 当一个波从一种介质以一定的角度进入另一种介质时，它会在第二种介质中改变传播速度而发生折射。
- 当一个波绕过障碍物或穿过障碍物中的裂口时，它会发生衍射而扩散开来。
- 当两个或更多的波相遇时，它们既可以通过相长干涉，也可以通过相消干涉结合在一起。

关键术语

反射	相长干涉
入射角	相消干涉
反射角	驻波
折射	波节
衍射	波腹
干涉	共振

SECTION 4 地震波

知识要点 与地球科学的综合

- 当地表下岩体里的应力足够大时，岩体会碎裂或变形，并以地震波的形式释放能量。
- 地震波包括主波、次波和表面波。
- 地震仪记录地震波穿过地球时引起的地表运动。

关键术语

地震波	海啸
主波	地震仪
次波	

活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

第1章复习

复习题

选择题

（选择最佳答案）

1. 波携带着____。
   a. 能量　　b. 物质
   c. 水　　d. 空气
2. 一个波峰和相邻的下一个波峰之间的距离是波的____。
   a. 振幅　　b. 波长
   c. 频率　　d. 速度
3. 在给定的一种介质中，如果一个波的频率增加了，那么它的____。
   a. 波长增加　　b. 速度增加
   c. 振幅减小　　d. 波长减小
4. 由于波速变化导致波发生____。
   a. 干涉　　b. 衍射
   c. 反射　　d. 折射
5. 不能穿过液体传播的地震波是____。
   a.P 波（主波）　　b.S 波（次波）
   c. 面波　　d. 海啸

判断题

如果叙述正确，写“T”；如果错误，写“F”，并修改划线部分。

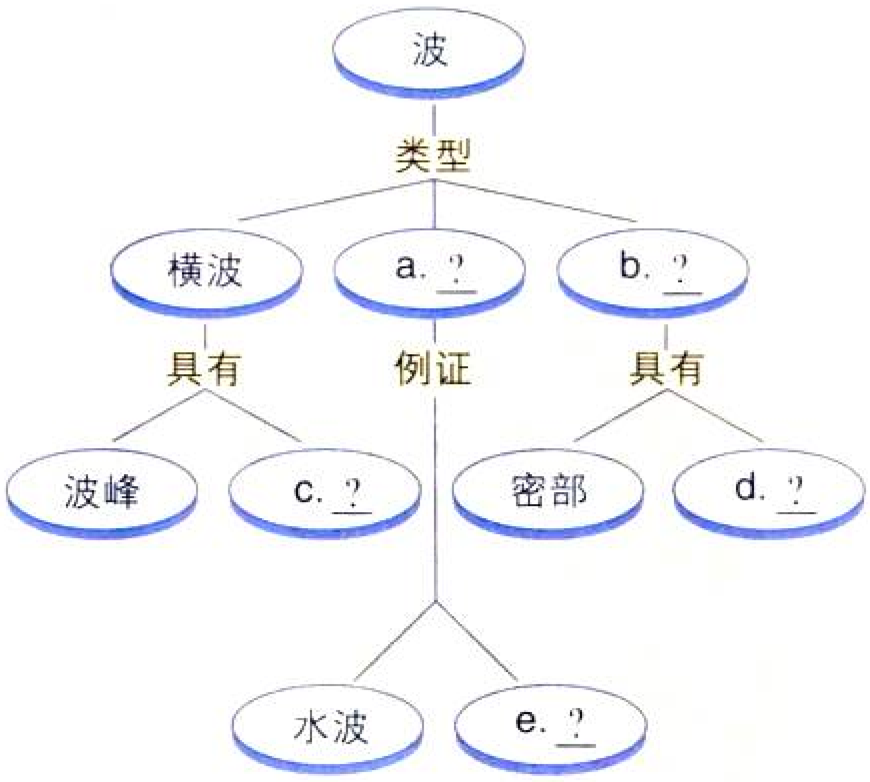
6. 横波有密部和疏部。
7. 当波通过时，介质的粒子运动了很大的距离，则这个波具有大的振幅。
8. 当一个波进入新介质时速度发生了变化，则这个波会发生衍射。
9. 波节和波腹发生在纵波当中。
10. 次波先于其他地震波到达远处。

简述题

11. 叙述横波和纵波的区别，并用图示加以说明。
12. 怎样才能找出纵波的振幅？
13. 波的速度、波长和频率之间存在怎样的关系？
14. 叙述相长干涉和相消干涉之间的区别。
15. 叙述地震仪是如何工作的。
16. **科技写作** 假设你是一名具有科学背景的体育记者。在一次棒球比赛中，你注意到在不同的时刻，坐在看台的人们都站起来又坐下。这个“波”绕着体育场传播。写一篇短新闻描述一下这个场景。在你的描述中，一定要使用像振幅、频率、波长和波速这样的术语。最后给你的文章起个名。

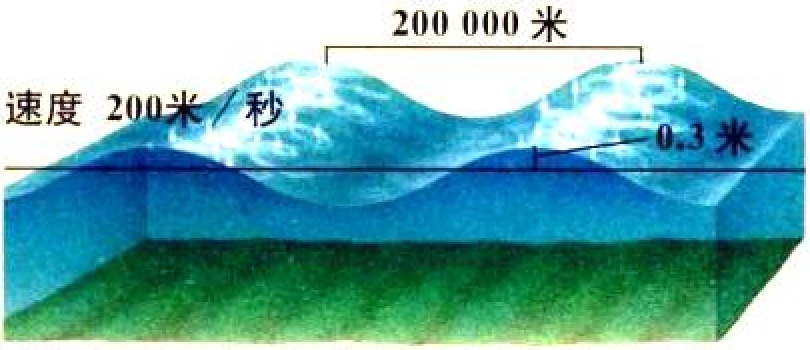
形象思维

17. **完图填空** 把有关波的概念图复制到一张纸上，然后填空并加上标题。



应用题

图中的波是由地震引发的巨大波，运用此图回答问题18～21。



18. 分类 此波属于哪种类型？

19. 推论 图中所画的波的振幅是多少？波速是多少？计算它的频率。说明你的结论是如何得到的。

20. 预测 如果此波撞到海边城市，将会发生什么情况？波的什么性质决定它所能导致的破坏程度？

21. 计算 这个波传播5000千米需要多少时间？

理性思维

22. 对比 一个波的振幅是另一个波的一半。这两个波发生相长干涉。请画出最终形成的波的图形，并加以说明。如果两个振幅一样的波发生相消干涉，请画出最终形成的波的图形。

23. 计算 一个波的速度是10m/s，波长是2m，请问此波的频率是多少？如果波速增加了1倍，波长保持不变，新的频率又是多少？
说明你的结论是如何得到的。

24. 模拟 设想一种方法来模拟波在进入新介质时发生折射的情形。

25. 应用技能 假设一个波从湖的一边向另一边运动，请问湖水是否也跟着运动，并穿过湖？为什么？

科技写作

研究报告 为介绍游艇运动的期刊撰写一篇有关海啸的文章。要求较详细地说明海啸是如何产生的，以及为什么海啸会带来灾难。还要讲述为了减少海啸造成的伤害，需要做些什么事情。

学习评估

课题2 总结

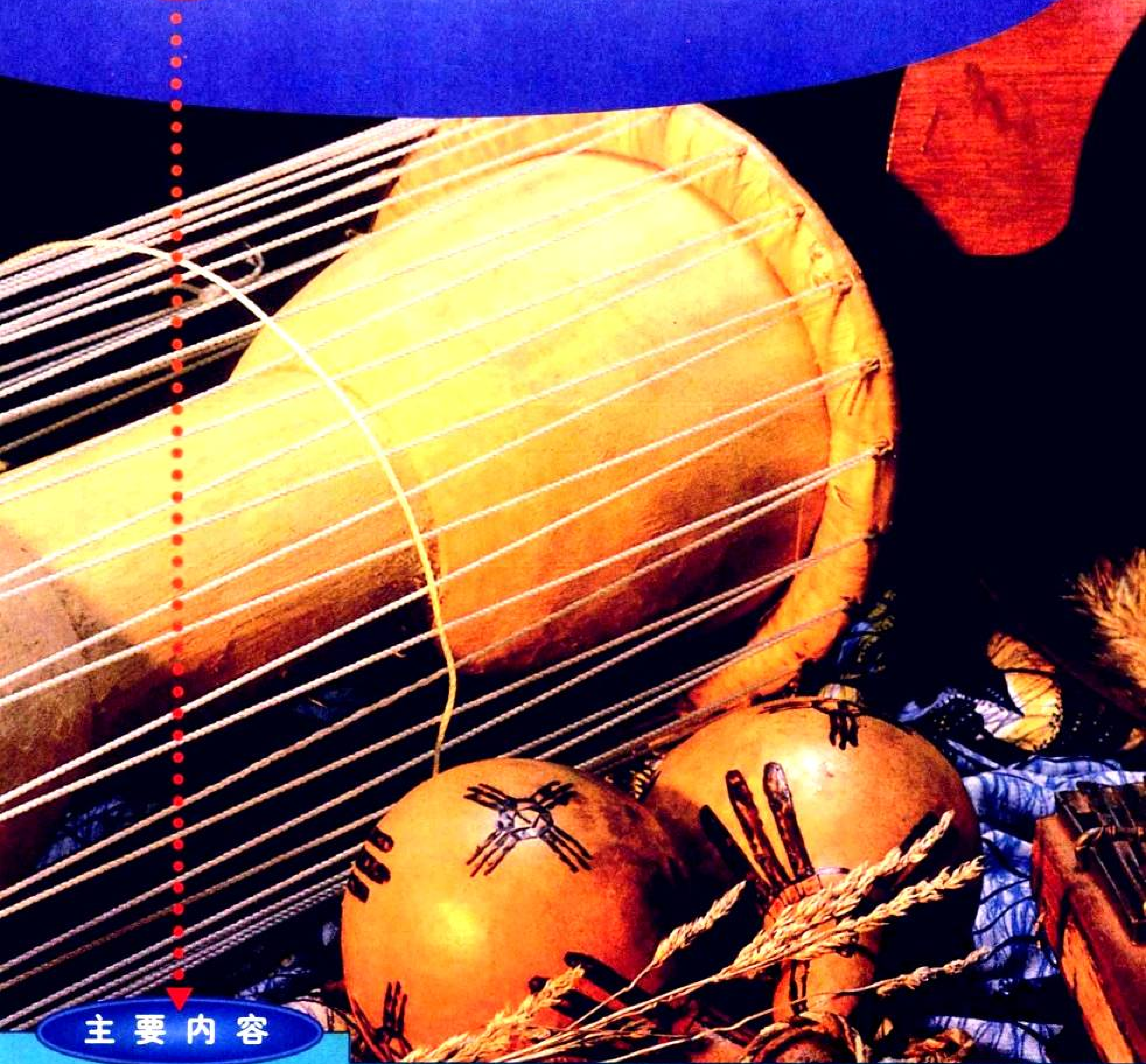
成果展示 把你收集的有关周期事件的例子和模型与你的同学进行交流。在你展示的时候，着重指出重复的模型和每个事件的频率。哪些周期事件是通过一种介质的振动来实现波的传播的？

思考和记录 在你的日记中，描述你在生活中常见的或罕见的周期性重复事件。你和你的同学观察到相同事件了吗？你的同学是否找到了让你吃惊的例子？

实践活动

在社区 你居住的地区经常发生地震，还是很少发生地震？找一找你所在的省市上次发生地震的记录，看看当地或国家的建筑法规是否把地震考虑进去了。做一期海报展示你的调查结果。

第二章 声音



主要内容

SECTION 1 声音的本质

探索　声音是什么
增强技能　绘制图表
技能实验室　声速

SECTION 2 声音的性质

探索　振幅是如何影响音量的
试一试　短吸管
试一试　管子出声

SECTION 3 声波的混合

探索　制作声音的图案
试一试　拨弄橡皮筋
生活实验室　音符



乐器成为非洲人礼仪生活的一部分。

课题 2

自制一种乐器

音乐，是最古老的艺术之一，广泛应用于各种场合。古代，中国人、埃及人和巴比伦人用动物的头发做弦乐器，用骨头做哨子，用动物的触角做喇叭。如今，乐器已改用木材、黄铜、银和尼龙来制作。

本章将探讨声音的性质，你将学习声音是怎样由不同的物体(包括乐器)产生的。学了本章，你将积累足够的知识帮助你完成课题。

课题目标 设计、制作并演奏一种简单的乐器。

为了完成这个课题，你必须：

- 设计一种简单的乐器。
- 制作并修改你的乐器。
- 用你的乐器演奏一个简单的曲子。

课题准备 从和你的同学讨论不同种类的乐器开始。你喜欢哪种音乐？在你最喜欢的那类音乐中，常用哪些乐器演奏？你和你的同学中有能演奏乐器的吗？你最愿意制作哪种乐器？

检查进度 一边学习本章，一边进行课题制作。为了能按时完成你的课题，在下述各阶段检查进度。

第 2 节复习，第 51 页：收集你用来制作乐器的材料。

第 3 节复习，第 59 页：设计并制作你的乐器。

第 5 节复习，第 70 页：测试你的乐器、修改并再次测试。

总结 在本章的结尾(第 73 页)，你要展示你制作的乐器，说明如何调音、并演奏一个简单的曲子。

与生活科学的综合

SECTION 1

声音的本质

探索 活动

声音是什么

1. 在碗里盛满水。
2. 用音叉敲一下你的鞋底，然后将音叉的一股的尖端浸入水中(如图)，看看会有什么情况发生。



3. 用音叉敲一下碗。预测一下，如果把它放在耳边会怎样？你会听到什么？

思考

观察 想一想你的观察和你听到的声音之间有什么关系？如果用大小不同的音叉来试，你听到的声音会有什么不同吗？

阅读指南

- 声音是什么？
- 哪些因素影响声音的传播速度？

阅读提示 阅读前，先预览一下各节的标题，在笔记本上列出这些标题，留出适当的空间以便添加内容。

有一个古老的谜语：如果一棵树在森林里倒下，而且那里没有人听到它倒下，请问这棵树倒下时有没有发出声音？要回答这个问题，你首先必须定义“声音”这个词。如果声音一定要有人用他或她的耳朵听到才算的话，那么你可以说，那棵树倒下时没有发出声音。

当一棵树倒下的时候，它撞击地面的能量沿着地面和周围的空气传播。这个能量引起了地面和周围空气的振动。如果声音是一种通过地面或空气传播的扰动，那么即使没有人在旁边，声音也产生了。根据这一定义，那棵树在倒地时确实发出了声音。

声音和纵波

与你在第一章中学过的波一样，声音也源于振动。当一棵树倒地时，周围的空气粒子受到扰动，这个扰动又引起邻近空气粒子的振动。

声音是怎样传播的？ 和所有的波一样，声波携带着能量穿过某种介质而介质粒子本身并不随声波一起传播。对声音而言，最普通的介质就是空气。扰动通过时，引起空气中的分子粒子的前后运动。**声音是一种纵波，是通过介质来传播的扰动。**当这种扰动通过空气粒子的振动到达你耳朵时，你就听到了声音。

声音是怎样产生的？ 鼓是一种通过振动产生声音的乐器。敲鼓时，鼓的表面振动非常快，以至于你几乎看不到它的运动。

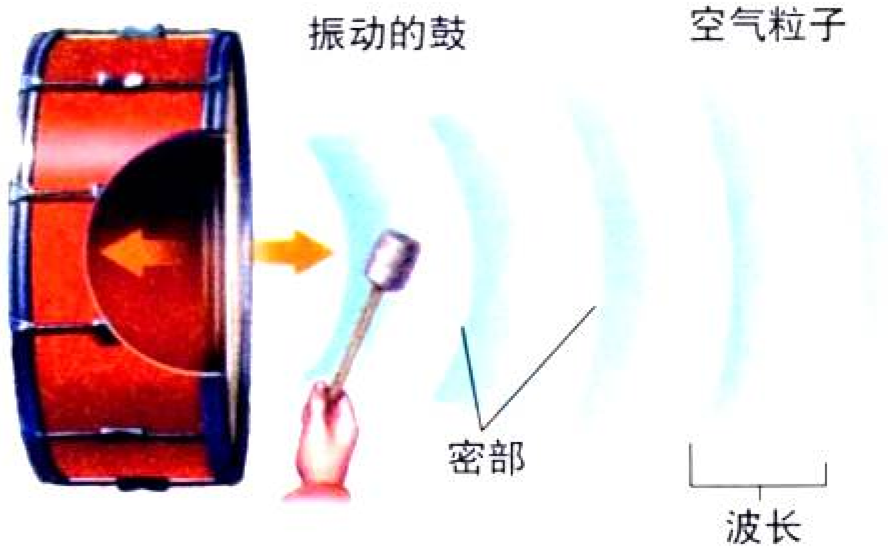


图 2-1 当鼓前后振动时，它使空气形成了密部和疏部

分类 *鼓产生的是什么波？*

空气主要是由极小的气体粒子或者说分子组成的。图2－1展示了鼓是如何通过振动造成附近空气的扰动的。当鼓膜向右运动时，它将空气分子推挤到一起，从而产生一个密部；当鼓膜向左运动时，空气分子又变得稀疏，从而产生一个疏部。

当你拨弄一根吉他弦时，它的前后运动也产生密部和疏部。这些密部和疏部作为纵波通过空气传播，类似于你看到的沿着一根弹簧传播的那些纵波。

与生活科学的综合 你的声带就像吉他弦。在说话或唱歌时，你迫使空气从你的肺向上通过你的**喉(larynx)**部。喉由叫做声带的两块折叠的组织构成，如图2-2所示。这些受到挤压的空气冲过你的声带并使之产生振动。当声带合拢时，中间的空气被压缩；声带分开时，中间的空气又变稀疏。就像振动的吉他弦一样，声带使空气产生了密部和疏部。空气把这些纵波传到你和别人的耳朵里时，你和他人就听到了声音。

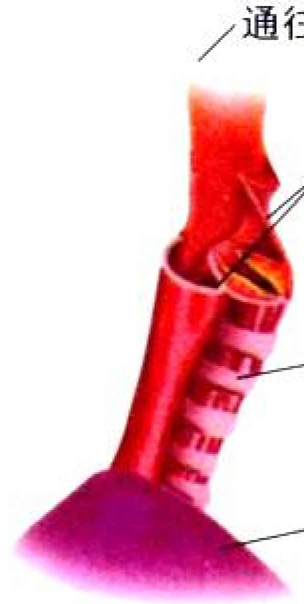


图 2-2 人说话或唱歌时，他的声带就振动。这种振动在空气中产生了纵波——声波。

声音在固体和液体里的传播 声波也能在固体和液体里传播。当你敲门时，这扇门里的粒子便发生振动。这一振动产生了穿越这扇门的声波。当声波到达门的另一面时，它就在空气中形成了声波。在美国西部片里，你会看到某个人把耳朵贴在铁轨上来判断是否有火车正在开来。火车的声音通过钢轨传播。如果你把耳朵贴在地面上，你也许能听到远处的车辆来往情况。来自远处的交通工具发出的声音是分别通过空气和地面两个途径同时传播的。

只有在具有某种能够传播密部和疏部的介质的前提下，声音才能够传播。在外层空间，由于那



图2-3 当声音通过一扇开着的门进入一个房间时，它们散播开来，这称为衍射

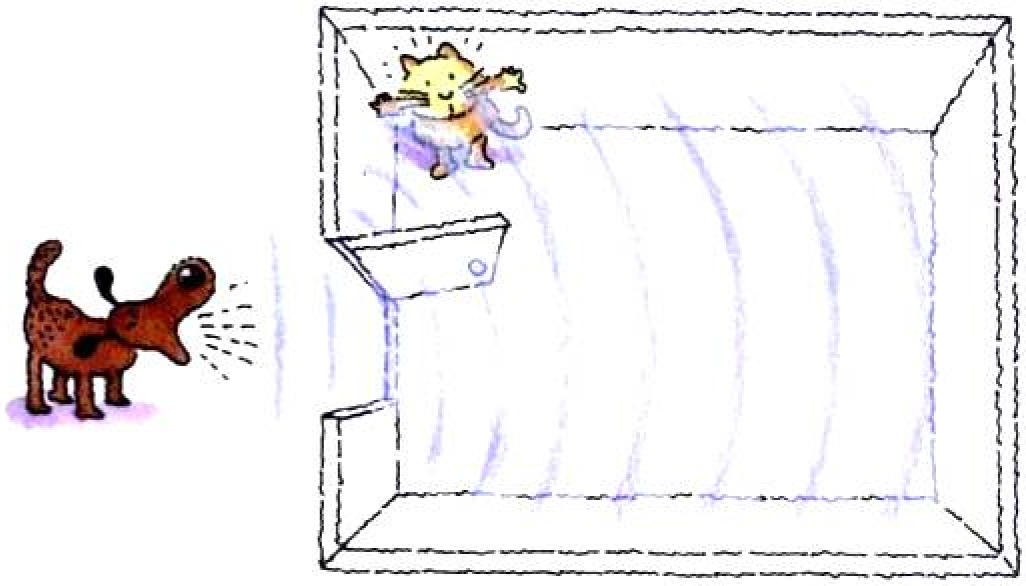


图2-4 声音的传播速度取决于传播它的介质

概括 *一般说来，声音在固体和液体中传播得快，还是在气体中传播得快？*

声速	
介质	**速度／$m \cdot s^{-1}$**
气体	
空气(0℃)	331
空气(20℃)	340
液体	
纯净水	1490
盐水	1531
固体(25℃)	
铅	1210
塑料	1800
银	2680
铜	3100
金	3240
砖	3650
硬木	4000
玻璃	4540
铁	5000
钢	5200

里没有可以压缩的空气，即没有可以传播振动的介质，因此声音不能在外层空间传播。

声音如何转弯 当声波遇到带有小孔的障碍物时，有些声波能够通过这个小孔。就像港湾里的水波的衍射一样，当声波通过小孔时，它们也发生衍射。同样，声波通过一扇门时也发生衍射。即使你躲到房间的角落里，你仍然可以听到来自门外面的声音。如果你在房间的外面，且离房门不太远的话，你就能听到来自房间里面的声音。

由于衍射，你也能听到来自拐角处的声音，因为声波通过拐角时也会发生衍射。

声音的速度

如果你看过乐队的现场演出，那么你就会发现，由不同的乐器和演唱者发出的所有声音都会同时到达你的耳朵。假如声音以不同的速度传播，那么一起演奏出来的声音就会在不同的时刻到达你的耳朵，这样的话，声音听起来也就不那么悦耳了。

声音的速度取决于传播它的介质。在大约20℃的室温条件下，声音以大约每秒340米的速度传播。这比大多数喷气式飞机在空气中的飞行速度都要快。图2-4给出了声音在一些常见介质中的传播速度。由此可见，在不同的介质中，声音的传播速度也不同。**声音的传播速度取决于介质的弹性、密度和温度。**

弹性 由于声音是能量的传递者，因此，它的速度取决于介质粒子在受到扰动后弹回的快慢。如果你拉长一条橡皮筋然后再松开，它很快就会回复到原来的形状。而如果拉长一块橡皮泥然后松开时，它却保持被拉长的形状。**弹性(elasticity)**是物质受到扰动后恢复原状的能力。如果一种介质弹性很好，那么它的粒子很容易恢复原状。声音之所以在弹性好的介质里传播得快，原因就是当介质粒子被压缩后，很快就会恢复原状。

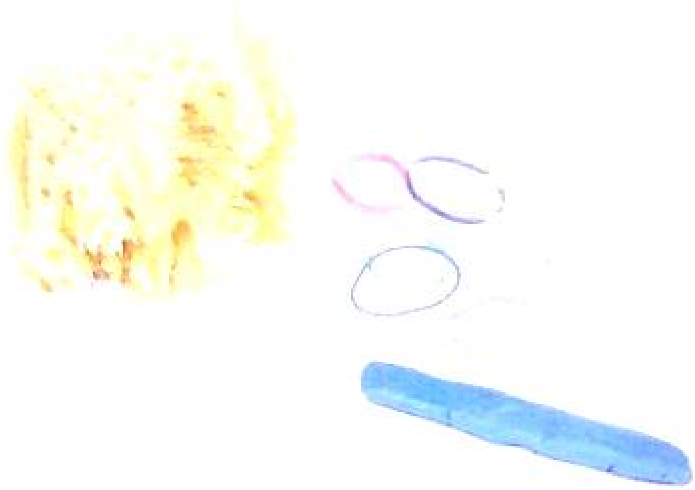


图2-5 不同物质的弹性不同。海绵和橡皮筋比橡皮泥更具弹性。

预测 *声音通过海绵和橡皮筋传播快，还是通过橡皮泥传播快？*

一般说来，固体材料要比液体或气体的弹性好，因此声波的密部和疏部非常容易在固体中传播。固体粒子移动得不会太远，所以当声波的密部和疏部通过时，固体粒子前后振动得很快。大多数液体的弹性较差，所以声音在液体里传播就没有像在固体里那样快。一般说来，气体的弹性很差，因而是声音的不良传输者。

密度 声音的速度还取决于物质粒子聚集的程度。介质的**密度(density)**是单位体积内所含物质质量的多少。

在同种物质的不同形态(固体、液体、气体)中，声音的传播速度也不一样。一般是在密度较大的介质中传播较慢。介质的密度越大，单位体积的物质越多。高密度物质的粒子运动不如低密度物质的粒子快。声音在铅或银等密度大的金属中传播得要比在铁或钢等密度小的金属中慢。

温度 在给定的介质中，声音在较低的温度下传播得较慢，在较高的温度下传播得较快。温度越低，介质粒子运动越缓慢，运动越慢，则返回原来位置的速度也越小。

在20℃时，声音在空气中的传播速度大约是每秒340米。在0℃时，声音的速度大约是每秒331米。纬度越高，空气越冷，声音的传播速度越小。因此，声音在高纬度地区传播较慢。

☑ **想一想** **介质的弹性是怎样影响声音的速度的？**

增进技能

绘制图表 活动

利用下面的数据画一张图，以便说明声音通过空气的速度是如何随着温度的变化而变化的。水平轴表示空气温度，垂直轴表示声音速度。

空气温度 /℃	声音速度 /$m \cdot s^{-1}$
−20	318
−10	324
0	330
10	336
20	342
30	348

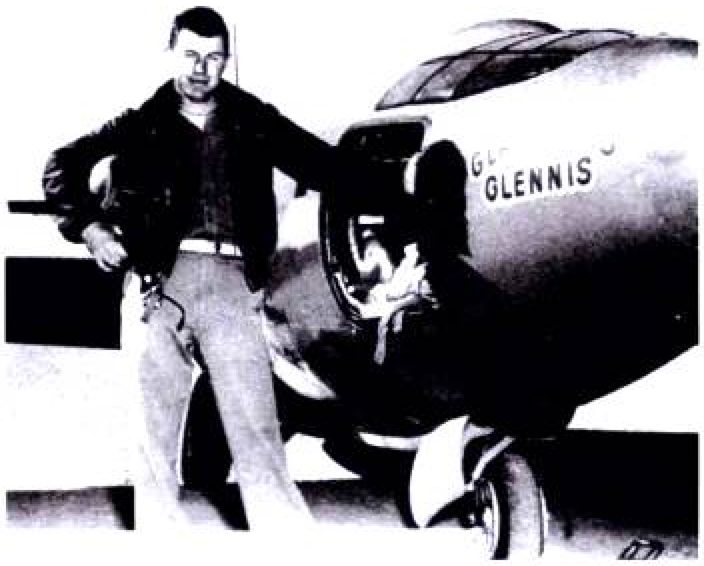




图 2-6 1947 年 10 月 14 日，C. 伊格尔上校所驾驶的飞机第一次以超音速飞行(上)。
1997 年 10 月 15 日，A. 格林驾驶陆地交通工具首次实现了超音速地面行驶(下)。

超音速时代

超音速时代始于 1947 年 10 月 14 日。这一天，在加利福利亚沙漠的上空，美国空军上校 C. 伊格尔“突破了音障”。在 12 000 米的高空，C. 伊格尔上校尽量减少油箱中的燃料，他这样做的目的是想要飞得更高一些，因为越往高飞，声速越低。最后，他加大节流阀，将飞机加速到了 294 米 / 秒，这个速度超过了那个高度的声音速度——293 米 / 秒。也就是说，伊格尔第一个实现了超音速飞行。在当时，如果在低一些的高度，由于声音的速度较大，他的飞行难以超过声速。越往高处，温度越低，声音的速度就越小。现在每一个“实现了超音速”飞行的飞行员都应该感谢伊格尔上校。

50 年后，A. 格林泰然自若地站在内华达州的布莱克岩沙漠中。他从美国大不列颠镇出发，在陆地上一路以超音速行驶。沙漠平坦、空旷，而且早晨很冷，所有这些因素都有助于格林的尝试。1997 年 10 月 15 日，在当地一年中最冷的时候，A. 格林发动了他的喷气动力汽车——**猛进号**，在很短的时间里，他以 339 米 / 秒的平均速度驶过了预先测定的距离，比该地区海拔高度下声音的速度还要快 7 米 / 秒。A. 格林是在陆地上“突破音障”的第一人。

第一节复习

1. 声音是如何在介质中传播的？
2. 介质的弹性、密度和温度对声音在该介质中传播的速度有什么影响？
3. 说明为什么声音不能穿越外层空间。
4. 形成驻波的原因是什么？
5. **理性思维** **应用概念** 声音在玻璃中的传播速度比在黄金中的传播速度更快。基于这一信息，你认为哪种物质的密度更大？为什么？

身边的科学

在户外找一根长金属栏杆或一根长水管。

提醒： 注意材料的边口和铁锈，以防伤身。

将一只耳朵贴近管子(栏杆)，同时请你的家人在一定距离之外轻敲管子(栏杆)。那么，是贴近管子的那只耳朵先听到声音，还是另外一只耳朵先听到声音？对你所听到的通过金属传播过来的声音和通过空气传播过来的声音进行比较。造成这种差异的原因是什么？

测量

声音的速度

技能实验室

在不同介质中，声音的传播速度不同。在本实验中，你将测量声音在空气中的传播速度。

问题

声音在空气中的传播有多快？

材料(每组三人)

米制卷尺

鼓和鼓槌(或空的咖啡罐、金属勺)

数字式秒表

温度计

步骤

1. 征得老师的许可，选择一块室外场地，如足球场。
2. 记下室外空气的温度。
3. 量出100米的直线距离。先预测一下，声音传播100米需要多长时间？
4. 带着鼓站在100米的一端。让两名队员带上秒表站在另一端，其中一名队员——观察员——注视着你和鼓，另一名队员——听声员——背对鼓并负责听声。
5. 敲击鼓，发出短促而响亮的声音。
6. 当你击鼓时，观察员应同时按下秒表开始计时。当听声员听到声音时，他(她)应立即喊"停"，同时观察员停止计时。时间记录精确到0.1秒。
7. 重复步骤1～6五次。你记录的时间差别大吗？造成差别的原因是什么？
8. 现在交换角色。让不同的学生负责击鼓、观察和听声，再次重复步骤1～6。

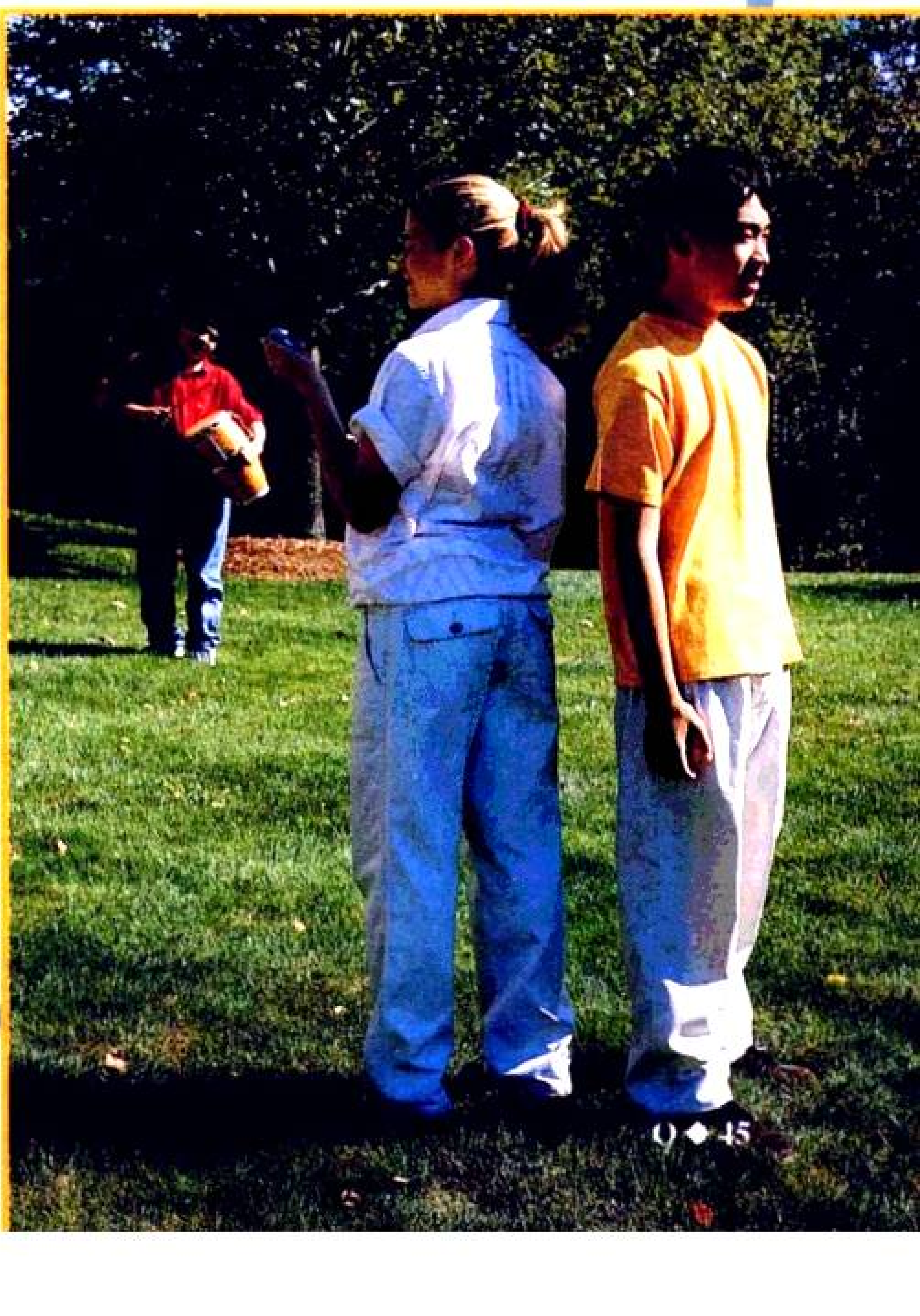
分析和结论

1. 声音传播了多远？花了多长时间？(计算五次测量结果的平均值)
2. 运用以下公式，计算声音在空气中的传播速度：

   速度＝距离／时间
3. 将计算结果与你在第3步中的预测相比较，结果吻合吗？列表说明造成差别的所有原因。要想提高测量的准确度，你应当怎样做？
4. **想一想** 测量声音速度的另一种方法是站在一个高建筑物前，大喊一声，然后听回声。如果运用这种回声测量法，需要对本实验中的步骤做哪些调整？

进一步的探索

怎样研究空气温度变化对声音速度的影响？设计并完成这一实验的步骤。

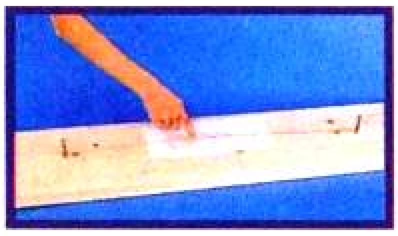


SECTION 2 声音的性质

探 索 **活 动**

振幅是如何影响音量的

1. 从老师那儿领一块两头各钉了一枚钉子的木板，在两个钉子间系一根吉他弦，将弦固定在木板上。
2. 勾住弦的中间，将它向外拉1cm，这个距离就是振动的幅度，松手。观察弦向另一方向移动了多远？描述一下你所听到的声音。



3. 重复第2个步骤4次以上，每次将弦拉开一个更大的距离。描述每次声音有什么变化。

思考

观察 如何定义振动的振幅？你是用什么办法改变振幅的？振幅的改变对声音有何影响？

阅读指南

- 声强与响度有何关系？
- 频率与音调有何关系？
- 哪些因素导致了多普勒效应？

阅读提示 在阅读课文时，用自己的话——短语或句子描述每个黑体字。

假设有一天，你和你的朋友正在聊天。你们聊了一会后就彼此说再见，待你的朋友走开时，你突然意识到还有一些很重要的事情没有说，这时你会怎样做呢？你肯定会大声喊叫，以使你的朋友能听到。大声喊叫时，你深呼吸并很快地喊出，这样你的声音将比聊天时更响一些。

强度和响度

耳语和喊叫是两种不同的声音，因为两种声波所具有的能量大小不同。喊叫声的声波具有的能量比耳语声波所具有的能量大。

强度 你一定知道如何改变沿着一根绳子传播的波的振幅。如果你想让绳子移动得更远一些，那么你在振动它的时候，就得给予它更多的能量。当声波携带较大能量时，随着波的传播，介质分子将迁移更大的距离，而声波就有了更大的振幅。声波的**强度 (intensity)** 是指单位面积上每秒钟声波所携带的能量。能量的单位是**瓦特每平方米 (W/m^2)**。

响度 在本节开始的探索活动中，如果你有力地弹吉他，你会注意到，拉弦的距离越大，你所听到的声音也就越响。振动的振幅越大，声波的强度就越大，声波携带的能量也越大。尽管强度和响度是两个不同的概念，但两者存在正比关系，声波的强度越大，响度也越大。**响度 (loudness)** 描述的是你

实际听到的声音的高低。**强度越大的声波声音越响。**

为了提高CD唱机所发出的音乐的响度，你得调节音量旋钮。扩音器或耳机通过一个锥形体的振动发出声音。图2-7显示了声波振动像鼓面振动一样，可以使空气产生密部和疏部。当你放大音量时，锥形体以更大的幅度振动，你所听到的声音也就越响亮了。



图 2-7 扩音器通过锥形体的振动发出声音。锥形体振动的振幅越大，声音的音量或者说响度也越大。

响度，或者说音量，用**分贝(decibels dB)**来度量。图2-8列出了常见声音的响度。人几乎听不到的声音的响度为0 dB，人轻轻说话的声音的响度约为20分贝，而大声喊叫时则在60～70分贝。当声音的音量大于100 dB时，如果长时间处于这样的环境，就可能对耳朵造成伤害。大于120 dB的声音，则会导致耳朵疼痛，有时甚至可能会造成永久失聪而听不到任何声音。

想一想 *振幅是如何影响声音的响度的？*

声音的响度

声音	响度 /dB	听觉受损状况
人类听觉起点	0	无
沙沙作响的树叶	10	
低声耳语	20	
很弱的音乐	30	
课堂	35	
家里日常聊天	40～50	
大声说话	60～70	
交通繁忙的街道	70	
高强度音乐	90～100	长时间对听力有影响
地铁行驶声	100	
摇滚音乐会	115～120	逐渐受伤
手持式电钻	120	疼痛起点
喷气发动机	120～170	
航天飞机发动机	200	瞬时受伤且不可逆转



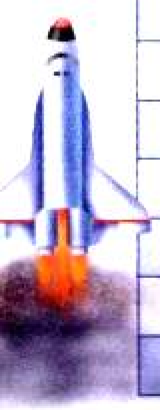


图 2-8 有些声音弱到你几乎听不见，另一些声音响到可能伤害你的听力。

应用概念 *航天飞机发动机的声音与耳语的声音差别在哪里？*

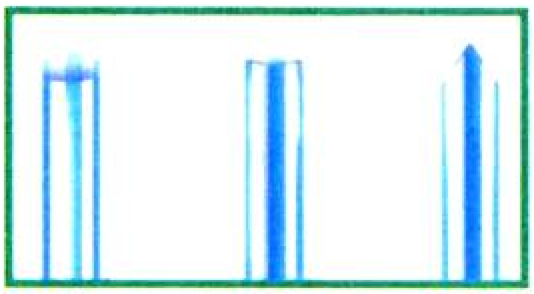
试 一 试

短吸管

活动

这个实验通过吹一根吸管，来观察吸管的长度是如何影响它所发出的声音的。

1. 将一根喝饮料用的吸管的一端压平并把这端剪成尖状。
2. 对吸管吹气。
   描述一下你听到的声音。



预测 如果剪短没有压扁的吸管一端，再次去吹，你听到的声音将会发生什么变化？

频率和音高

四重唱小组由四位发音差异很大的歌手组成，这四位歌手一起演唱，却唱出了动听的音乐。

频率 唱歌时，通过拉紧和放松声带，就可以改变声音的频率。如果声带拉紧，空气冲过声带时振动加快，于是产生一个高频声波。如果声带放松，振动减慢，就产生一个低频声波。声波的频率是指声波每秒振动的次数。频率为50Hz表示每秒振动50次。一个低音歌手唱歌时声音的频率范围为80Hz～260Hz，一个受过专业训练的女高音歌手的声音频率可超过1000Hz。

大多数人能够听到的声音频率范围在20Hz～20000Hz之间，频率高于人能够听到的范围的声音称为**超声波(ultrasound)**，前缀ultra表示“高于”；频率低于人能够听到的范围的声音称为**低声波(infrasound)**，前缀infra表示“低于”。

音高 在一个四重唱小组开始演唱之前，一个歌手在定音笛上吹出一个音符，使领唱者有一个正确的起始音。声音的**音高(pitch)**指的是在人看来声音是高还是低的一种描述。人听到的声音的音高取决于声波频率的大小。高频声波的音高高，低频声波的音高低。



图2-9 一个四重唱小组有四位歌手，他们各自发出不同音高的声音，共同构成美妙的音乐。

比较 *四位歌手发出的四种声音差别在哪里？*



图 2-10 钢琴最左端的键连接着最长的弦。这个键弹奏出最低音高的音符。

研发假设 *为什么较长的弦比较短的弦发出的音符的音高低?*

由弦振动发出的声音的音高取决于所用的材料、弦的长度和厚度以及拉伸的张紧状况。可以通过改变弦的材质的办法来改变音高。例如小提琴手和吉他手可以通过调节拉伸弦的旋钮的办法为乐器调音。弦拉得越紧，产生的声音的频率越高。音高越高，听到的声音的频率越高。

不同的弦长所产生的声音频率也不同。一般说来，在同样的松紧状态下，短弦比长弦产生的音高要高。要了解音符的范围，可以弹奏钢琴。钢琴键盘上最左端的键发出音高最低的音符，这个键连接着最长的弦，其振动频率大约为27Hz。而最右端的键发出音高最高的音符，它连接着最短的弦，这根弦的振动频率为4186Hz。

想一想 ***频率与音高有什么关系?***

共振 你听到过有一位歌剧歌唱家发出持续的高音而将一个玻璃杯振碎吗？那是怎么发生的呢？原来，所有的物体都能自然振动，其振动的频率非常快，以致于人们无法看清这种振动。而振动的频率又取决于物体的类型和形状。当声波的频率和物体的固有振动频率相同时，声波将强化物体的振动，这样，共振就发生了。

假设一个音符的频率和一个玻璃杯的固有振动频率一样，两个振动就会发生共振，结果增大了玻璃杯固有振动的振幅。如果这个音符的演奏持续进行且时间足够长，那么，玻璃杯最终将因振幅的增大而碎裂。

图 2-11 有些乐器能够发出与一个玻璃杯的自然频率相匹配的音符。如果该音符持续不断，发生的共振可以使玻璃杯破碎。



·试 一 试·

管子出声 活动

探索一根管子是如何发出不同音调的？

1. 找一个开阔的场地，其中没有任何物体和人。
2. 紧紧抓住塑料管子的一头（真空的干净管子更好）并且在头顶上摆动它直到它发出声音为止。试着只扭动你的腰来摆动管子。
3. 现在慢慢提高速度使管子运动加快，然后再慢下来。描述一下当你改变旋转着的管子的速度时，你所听到的声音。

观察 声音是如何产生的？随着速度的加快音高有何变化？如果用一块布堵住管子的一端，会发生什么情况？解释一下。

多普勒效应

一种声音尽管只有一个恒定的频率，但是对听者来说，它有时却是变化的。你听过警车高速驶过时警笛的鸣叫声吗？如果仔细听，你会发现一个有趣的现象。当警车向你驶来的时候，警笛的音高变高；当警车离开你向远处驶去时，音高降低了，但实际上警笛的频率并没有改变。假如你坐在警车上，你在这前后的全部时间里所听到的警笛声始终是一样的。当波源和听者之间发生相对运动时，听者所感到的这种频率改变现象称为**多普勒效应（doppler effect）**。如果波是声波，则多普勒效应就表现为音高的变化。

多普勒实验 多普勒效应的命名是为了纪念奥地利科学家**C. 多普勒（Christian Doppler）**，**100**多年前他发现了这一现象。为了证明这个效应，多普勒请一个乐队在一列火车的平板车厢上演奏，他站在火车经过的道路旁。当火车驶近的时候，乐队弹奏出的音符似乎比平时要高；当火车远去的时候，音高似乎降低了。多普勒重复了这个实验，但是这一次他站在火车上，让音乐家在道路旁演奏。当他乘坐的火车接近或者远离乐队时，多普勒听到音高发生了同样的变化。这一效应表明，不论是乐队运动还是多普勒自己运动，都会产生同样的现象。

改变音高 现在来看看这种明显的音高改变是如何发生的。假设你站着不动，并向前方约5米远的墙上掷一个网球，如果你每秒掷一个球，球以每秒一次的速率撞击墙，即频率为每秒一次或者为1Hz。现在假设



图2-12 当警车从身边高速驶过时，警笛的音高似乎改变了。站在警车前面，声波将发生聚集，音高就提高了。站在警车后面，声波会发散开来，音高就降低了。

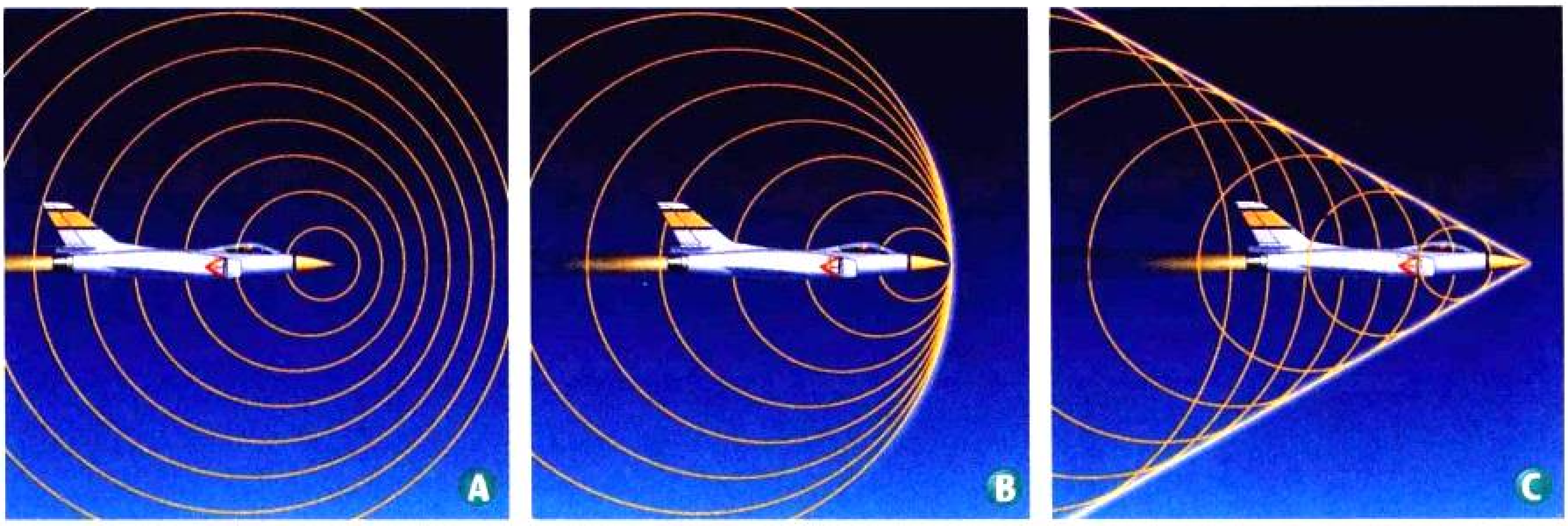


图2-13 飞机以超音速飞行时，声波就聚集起来形成了称为音障的冲击波。

你向墙走去，还是每秒掷一个球，由于每次球运动的距离比上一次要短，则到达墙壁所需要的时间就少了，因而每秒钟球撞击墙的次数就要多于一次，或者说频率比以前要高了。类似地，如果在你向后倒退的时候向墙上掷球，球撞击墙的频率就会降低。每个球撞到墙上所运行的距离越大，它到达墙壁所需要的时间便越长。

图2-12显示了从一个运动声源发出的声波运行的情况。**当声源向听者运动时，声波以较高的频率到达听者。由于多普勒效应，音高似乎提高了。**

声波聚集在空气中会造成巨大的效果。图2-13A和B显示了当一架飞机以接近于声速的速度飞行时，声波在飞机前部聚集的情况。这种聚集的结果就是**“音障”(sound barrier)**。当飞机的飞行速度高于声速时，它会打破这个屏障。如图2-13C所示，当音障被打破时，巨大的能量以冲击波的形式释放出来，附近地面上的人会听到一种被称为声震的巨大噪声。

第二节复习

1. 什么原因使有些声音听起来比其他的声音大？
2. 解释频率和音高之间的关系。
3. 你怎样才能改变由振动弦发出的声音的音高？
4. 解释共振使玻璃杯碎裂的原因。
5. 什么是多普勒效应。
6. **理性思维 应用概念** 如果你站在警笛鸣叫的救护车上，你就听不到多普勒效应。请解释原因。

课题 1

检查进度

决定你所要设计的乐器，想一想它是如何发出声音的。你怎样才能改变你的乐器所发出的声音。将用于制作乐器的材料列成清单，并开始收集你所需要的材料。

SECTION 3 声波的混合

探索 活动

制作声音的图案

1. 预备一只空的茶叶罐。
2. 将空罐开口的一端用一个乳胶手套的掌心部分绷紧，并在手套中心粘一小块镜片。
3. 对着镜片发出一束闪光，使从镜片上反射回来的光照到一面墙上。
4. 让你的一位同学在空罐密封的一端用勺子不停地轻敲，并确保光照射到镜片上。观察反射到墙上的光的图案。这些图案看起来像什么？画出并标明你所观察到的情景。
5. 让你的同学改变敲击的频率。将你观察到的画下来。



思考

观察 为什么墙上产生了移动的图案？当你改变敲击的频率时，发生了什么情况？请加以解释。

阅读指南

- 什么是音质？
- 音乐与噪声有什么区别？
- 当两种或更多种声音相互作用时，会发生什么情况？

阅读提示 在你阅读之前，尽可能地列出你所知道的乐器名称，简述你对每种乐器发声原理的认识。在阅读过程中，对你写下的内容加以校正。

假设你正在一个繁忙的车站等候列车。在这种喧闹繁杂、熙熙攘攘的环境中，你是否注意到了各种声音的不同。一个青年在听广播电台的流行音乐节目，而一个婴儿却在大声恸哭。随后，一列火车驶进了站台。为什么一些声音听起来十分悦耳，另一些却令你只想捂上耳朵？原因就在于声波结合的方式不同。



繁忙的火车站 ▶

音质

对于什么是音乐什么不是音乐，大多数人意见是相同的。**音乐（music）**是一组以令人愉快的模式结合起来的音符。噪声则相反，它不具备令人愉快的模式。当人们描述一个声音是使人愉快还是不使人愉快的时候，所描述的正是音质。音乐的音质取决于发出音乐的乐器。

乐器的音质产生于基音与其泛音的合成。共振对于音质也起着一定作用。

基音与泛音 我们已学过，如果正好具有相匹配的频率的波，发生了反射而出现干涉现象时，就会产生驻波。当弹奏乐器时，乐器上就出现了驻波。例如，对于吉他，驻波出现在振动弦上；对于小号，驻波出现在振动的空气柱上。

驻波只能出现在被称为固有频率的某个特定频率上。每个物体都有自己的固有频率。一个物体的最低的固有频率称之为**基音（fundamental tone）**。物体的高于基音的固有频率称之为**泛音（overtones）**。泛音的频率是基音频率的2倍、3倍，或者更多的整数倍。



基音决定了你所听到的音符是什么。例如，当一把吉他和一支小号演奏中音C时，它们都是发出了频率为262赫兹（Hz）的声波，但是这两个乐器发出的泛音却是不同的，所以，两者基音与泛音的不同结合产生出不同的音质。

共振 由于共振可以增加某些泛音的响度，从而影响乐器的音质。因此，乐器总是被设计成这样：它的某一部分会随着它自己所产生的泛音而共振。例如，对于吉他，振动弦导致吉他的空腔共振，而吉他本身的形状和制作吉他的材料则决定了哪个泛音将会是最响的。

☑ **想一想** *什么是泛音？*

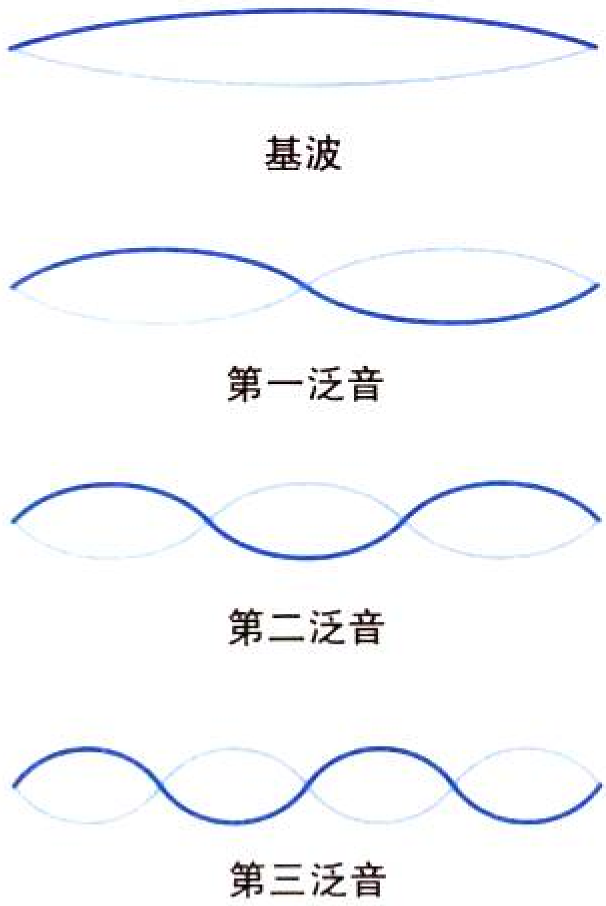


图2-14 当半波占据整根琴弦时，就产生了基音。构成基音的波叫做基波。如果波分别占琴弦的一半、1/3、1/4等时，波则发出各种泛音。

推论 与基音的音高相比，每一种泛音的音高是怎样的？

·.试 一 试.·

用橡皮筋发声

活动

在这一实验中，你要用橡皮筋来发出不同音高的声音。

1. 将两条不同厚度的橡皮筋缠在长约30厘米的尺子上。两条橡皮筋要相互分开。
2. 把一支铅笔放在两条橡皮筋下面，距尺子一端约5厘米。
3. 先后拨动两根橡皮筋。观察是什么发出了声音以及两根橡皮筋发出的声音有什么不同?
4. 将手指放在铅笔与尺子较远端之间的某个位置，压住其中一根橡皮筋，再次拨动它。

结论 你在第 4 步所拨出的声音与在第 3 步所拨出的声音有什么差别? 造成这种差别的原因是什么?

产生音乐

如果基音与泛音组合后能产生音质悦耳和音高清楚的声音，这种声音就被认为是**音乐(music)**。大多数音乐仅仅由一小部分基音和泛音组成。音质就是以悦耳的方式组合而成的一组音调。所有的乐器都经过精心的设计，使其在奏出一个音符时，伴随有相应的泛音。乐器都是靠振动发声的，故材料不同，乐器所能产生的音调也不同。所以，可以按材料类别将乐器分为弦乐器、铜管乐器、木管乐器和打击乐器。

弦乐器 弦乐器有弦，当用乐弓拨弄、撞击或者摩擦弦时，这些弦会颤动。相对较长的弦来说，短的弦振动时频率更高，因此能发出更高音高的声音。音乐家在演奏时，通过手指在弦上不同位置的按压来改变音高。弦的材料、厚度，还有张紧程度都能影响弦所发出的声音的音高。吉他、小提琴和大提琴这类乐器还有一个盒子或共鸣板。这个盒子能改进弦所发出的声音质量——音质。较大的弦乐器，比如大提琴和低音提琴，其声音音高就较低。

铜管乐器和木管乐器 当演奏者的嘴唇对着乐器的吹口吹气时，像小号和长号这类铜管乐器就会发出声音。吹气所形成的颤动使乐器内的空气柱振动。通过揿按活瓣或者移动拉管，音乐家就能调整空气柱的长度，从而改变所发出的声音。



图2-15 小提琴是弦乐器，长笛和单簧管是木管乐器，小号是铜管乐器。

概括 *所有这些乐器有什么共同点?*

像单簧管和双簧管这样的木管乐器，都有一条用弹性材料制作的薄带子，称作簧片。当演奏者向吹口吹气时，簧片随着空气柱的振动而振动。空气柱越长，音高越低。更大型的木管乐器和铜管乐器，比如大管(低音管)和大号，发出的声音的音高更低。

打击乐器 像鼓、铃、钹和木琴这一类打击乐器，是靠敲打产生振动的。它们产生的声音不但取决于乐器的材料，还与打击用的工具的大小以及击打的部位有关。例如，越大的鼓产生的声音的音高越低。



图 2-16 打击乐器受到击打时发生振动。
预测 将大鼓所发出的声音与用相同材料制成的小鼓所发出的声音进行比较，并加以描述。

想一想 *乐器主要有哪些类型?*

噪声

你正舒服地坐在教室里，看老师在黑板上写字。突然，你听到粉笔在黑板上发出了刮擦声。这种声音非常刺耳。

为什么这种刮擦声让人如此不舒服？因为这是一种噪声。**噪声(noise)**是听起来不舒服的声波的混合。**噪声没有悦耳的音质和可以确定的音高。**粉笔在黑板上刮擦的噪声，冲击电钻工作时的噪声，都是这样。产生这些声音的振动都是无序的。发动机虽然也能产生基音和泛音，但是这些声音缺乏有规律的组合，所以也属于噪声。

对某些人来说是音乐的声音，对于其他人来说也可能是噪声。比如一些摇滚乐队和管弦乐队的演奏，它们的音调合成似乎没有乐律关系。这些音符一起演奏时所产生的声音称作不谐和音。不谐和音只对那些喜欢这类声音的人来说才是音乐。

音 乐
链 接

俄罗斯作曲家S.普罗科菲耶夫(Sergei Prokofiev)生于1891，逝于1953年。他创作的最广为人知的大型乐曲之一是《彼得与狼》。在这部作品中，每种乐器，或者每组乐器群，代表故事中的一个角色。

阅读 DIY

收听《彼得与狼》的录音。写一篇你对这部作品的评论文章。你认同普罗科菲耶夫匹配乐器与角色的方式吗？你会选择什么乐器来代表故事中的每一个角色？

探索 产生音乐

乐器产生的音乐取决于乐器的大小、形状，乐器的材质以及演奏的方式也会对音色产生影响。





小提琴

小提琴是由木箱再配上琴弦精心制作的。琴弦附于调音轴上，调音轴可以旋转，用来校正张力。当用琴弓磨擦琴弦时，琴弦就发生振动。小提琴手用手指在琴弦移动并揿按弦的不同位置，就能控制音高。



竖琴

竖琴由一排长短不一的琴弦组成。竖琴演奏者用手指优雅地弹拨琴弦从而演奏音乐。短弦能比长弦发出更高的音。



单簧管

单簧管是一种木管乐器。当演奏员向吹口吹气时，单簧管内的簧片就发生振动。簧片的振动引起空气柱的共振。演奏员借助揿按乐器上的按键来改变音高。

电子琴

电子琴实际上是所有使用微电脑的乐器产品的通称。它利用一块集成电路片匹配各种乐器发出的音调和泛音，因而可以产生各种乐器所能发出的声音。





法国号

法国号是铜管乐器。当乐手用嘴唇对着号的吹口吹气时，两米长的铜管内的空气柱便随之振动。乐手通过揿下和松开按键改变气柱的长度，就能吹出不同音高的各种音符。

声波的干涉

不管你有没有意识到，你肯定听到过声波之间的相互干涉。因为只要有两种或两种以上的声波相遇，干涉就发生了。

声波发生干涉后，因振幅改变而使声音发生变化。如果是相长干涉，且疏密部出现在同一地方，则振幅叠加，结果声音比原来声音的任一个音量都大。如果发生相消干涉且一个声波的密部正好是另一个声波的疏部，振幅便相互抵消，结果声音比原来两种声音中的任何一个都小，甚至完全掩盖起来。

音响效果 在听音乐会的时候，你所处的周围环境会影响你所听到的乐声。要想理解这一点，不妨比较一下在不同场所——在教室、在户外、或者在体育馆——你所听到的声音。你听到的声音存在差异是由于各种声音相互作用的方式不同。**音响效果(Acoustics)**就是研究各种声音彼此之间以及与环境之间是怎样相互作用的。

声波可以互相干涉。相长干涉可能会使声音变味，而相消干涉则可能造成声音的“死点”——在这一点上响度变弱了。声波还与环境发生相互作用。例如，如果你在体育馆里拍手，那么在你拍过手后，你会听到回声，因为声波在体育馆的坚硬墙面上要来回反射。这就是**混响(reverberation)**。如果出现混响的情况，那么在声源停止发声以后，仍然能够听到声音的回声。在体育馆里，一次拍手的声音可能要延续一秒多钟才会消失。



图 2-17 音乐厅的设计追求的是能获得最好的音质效果，消除回声和其他干扰。

音响效果的研究被用于音乐厅的设计以控制混响和干涉现象。曲线型的坚硬表面可以把声波扩散到音乐厅的各个不同的部位。柔软的表面则吸收声波，以减弱混响。但是，有些混响是我们所需要的。如果混响太弱了，乐器发出的声音就会显得单薄且疏远。如果混响太强了，反射波之间因发生干涉而使得某些音符变得难以辨认。

消声 有时候人们必须消除声波的干涉。飞机乘客可以用耳机听音乐，但

与技术科学的综合

是飞机发动机的巨大噪声还是可以盖过音乐声。所以有些飞机已使用一种新型耳机，它可以发出抵消发动机噪声的声波。当乘客听音乐时，耳机同时发出的一种声波抵消了发动机的噪声。结果乘客听到的只有音乐。这种技术同样也应用在工厂中，它降低了噪声，保护了工人的听觉。



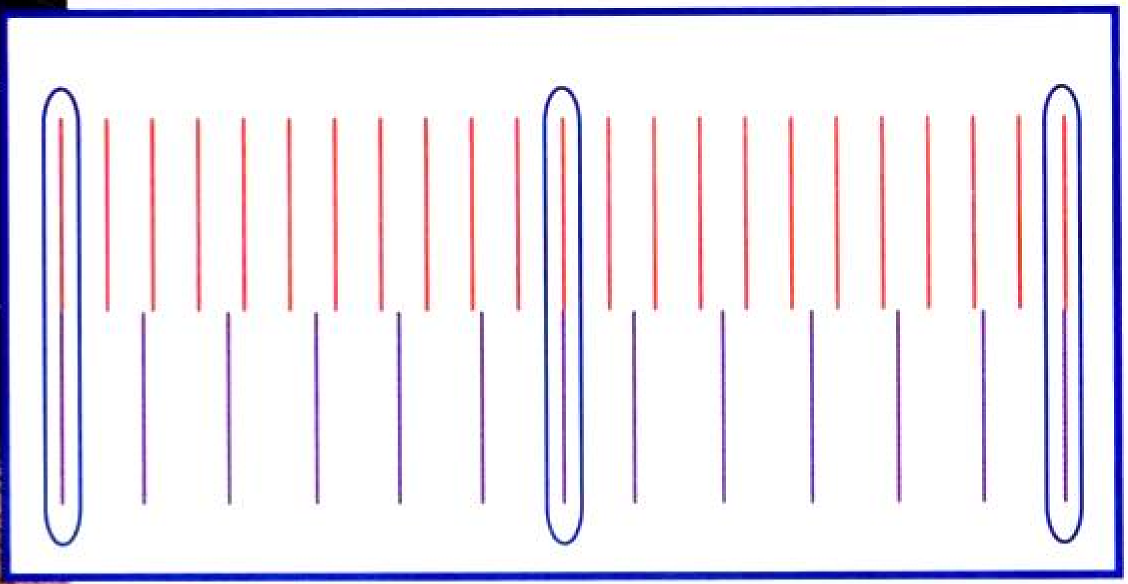


图 2-18 当两个频率稍有差异的声波互相结合时，可按规律的间隔发生相长干涉(上右)。一位钢琴调音师正在给钢琴调音(上左)。

推论 *钢琴调音师如何判断琴键已经完全调好了？*

节拍

两种声波如果频率接近，就可能相互组合，在有规律的间隔内发生相长干涉和相消干涉。图 2-18 显示了两种不同频率的声波是如何通过时间方式进行组合的。这种组合后的声音在有规律的时间间隔内变得更响亮更柔和，这个间隔取决于两个频率之差。音量的这种重复性变化称为**节拍 (beat)**。

钢琴调音师用节拍给钢琴调音。调音师按照一个特殊的频率击打音叉，同时敲打相应的钢琴键。如果调音师听到节拍，表示钢琴弦的振动频率与音叉的振动频率不严格匹配，调音师随后就校正钢琴琴弦直至听不到拍子。这时钢琴键盘就完全调好了。

第三节复习

1. 决定声音音质的因素有哪些？
2. 音乐和噪声有哪些不同？
3. 声音是如何相互抵消的？
4. 两个相互干涉的声波是如何产生一个更响亮的声音的？
5. 什么是节拍？
6. **理性思维** **推论** 说明为什么同一声音在一个空房间和一个有地毯、窗帘和家具的房间里听起来会不一样？

课题 2

检查进度

开始制作你已经设计好的乐器。制作时，试试各种材料以找到能发出最有感染力的声音的材料。不同的材料是如何影响声音的？用你的乐器发出声音来探索和实验。添加或调整材料的用量是否会影响声音的大小？怎样才能改变你的乐器的音高？

实验设计

技能实验室

怎样产生音符

乐器通过产生驻波来发声。这些波能够出现在一根弦上或者出现在一个气柱中。在这个实验中，你将看到怎样使用瓶子来发出不同的音符，甚至演奏一首简单的曲子。

问题

怎样用几只盛了水的瓶子产生不同的声音？

重要技能

预测、观察、推断。

材料

3 只相同的玻璃瓶
水
笔记本
铅笔

步骤

1. 在3只瓶子上分别贴上A、B和C标签。
2. 在每只瓶子里加水。A瓶倒1/4，B瓶倒一半，C瓶倒3/4。
3. 在笔记本上画好表格。测定瓶口到水面的距离，然后测定水的高度，记录测得的数据。
4. 预测一下，如果依次吹瓶口可能听到的声音的差别，并说明理由。
5. 通过吹每个瓶子的瓶口来检验你的预测。用有关音高的词汇——低、中、高来描述所吹出的各种声音。记录每种声音的音调。



数 据 表

瓶子	空气柱长 /cm	水的高度 /cm	吹瓶口产生的音调	铅笔敲瓶身产生的音调
A				
B				
C				

6. 如用铅笔轻轻拍打瓶身时，会产生不同的声音。你认为这种声音与你吹瓶口产生的声音相似还是有所不同？请加以解释。
7. 用铅笔拍打每个瓶子的瓶身以检验你的推测，记录每种声音的音高。

分析和结论

1. **观察** 描述第5步的声音是怎么产生的，哪个瓶子的音高最高？哪个瓶子的音高最低？
2. **预测** 你认为不同瓶子所产生的声音音高不同的原因是什么？
3. **观察** 描述第7步的声音是怎么产生的，哪个瓶子的音高最高？哪个瓶子的音高最低？
4. **预测** 当你拍打瓶身的不同部位时，音高会发生什么变化？为什么？
5. **观察** 比较吹瓶口和拍打瓶身产生的声音。对每个瓶子而言，音高有什么差别？对你的观察做出解释。
6. **解释数据** 空气柱的高度是怎样影响音高的？水的高度又是如何影响音高的？
7. **交流信息** 基于你在这个实验中的观察，你能对所产生的声音和传播声音的媒体之间的关系作出什么样的结论？

进一步的探索

要演奏一首最简单的曲子，你需要8个音符。放置8个瓶子，每一个放进不同数量的水。调整每个瓶子中水的高度，直至你可以演奏一首简单曲子为止。用这些瓶子练习演奏简单的曲子。



SECTION 4 怎样听到声音

探索 活动



声音来自何方

1. 请同伴坐在椅子上，闭上眼睛。
2. 在同伴左耳边轻拍双手，要同伴辨别声音的方向。
3. 再在同伴右耳边轻拍双手，要同伴辨别声音的方向。继续随机地在同伴的头上、前方、下巴下方拍手，看你同伴能否辨别声音的方向？
4. 和你同伴交换角色，重复步骤1～3。

思考

推论 记下同伴给出的答案。哪个方位最容易辨识？哪个方位不能辨识？有规律可找吗？如果有，你能对这个规律作出解释吗？

阅读指南

- 声音是怎样听到的？
- 哪些因素能导致听力丧失？

阅读提示 阅读时，画一张流程图，说明你是怎样听到声音的。

房子静悄悄。你在沉睡。突然，闹钟响了，你马上就被惊醒，因为你的耳朵觉察到了闹钟发出的声波。但是你的大脑是怎样接受到这个信息的呢？

怎样听到声音

当声波进入你耳朵时，大脑是怎样接受信息的呢？耳朵有三个主要部分：外耳、中耳和内耳。每个部分都有不同的功能。



外耳汇集声波，中耳向里面传送声波，内耳把声波转换成大脑能理解的一种形态。

外耳 当闹钟铃响时，声波到达你的耳朵。耳朵最外面的曲面部分外观和作用就像一个漏斗。它汇集声波并将它们导向被称为**耳道 (ear canal)** 的狭窄区域。耳道有几厘米长，一直延伸到耳膜。**耳膜 (eardrum)** 是一层很小的像鼓膜一样的薄膜，既可绷紧，也

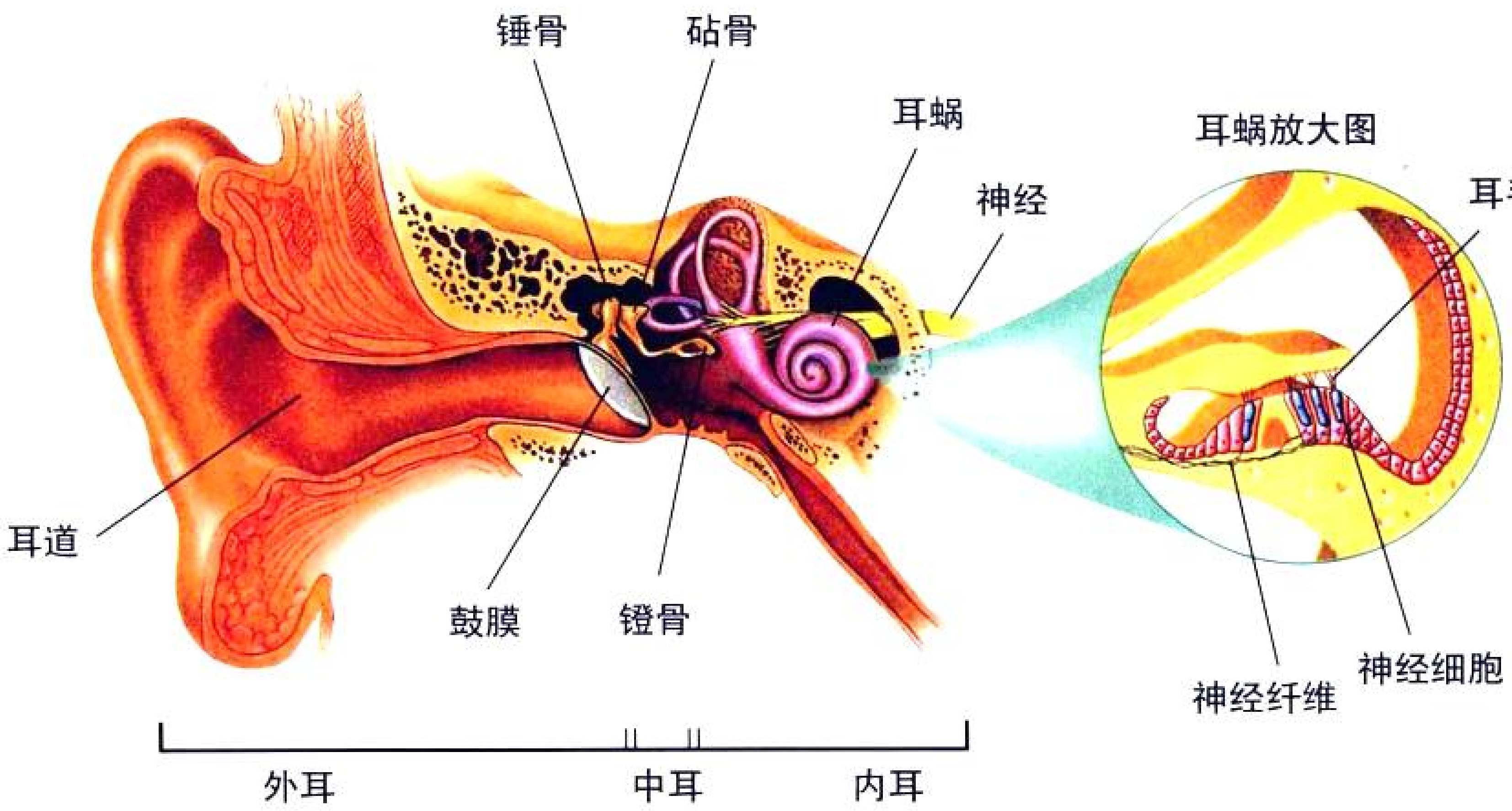


图 2-19　人类耳朵及耳蜗的结构。
图解　*声音是如何通过中耳传递的?*

可伸展。声波使耳膜振动，这就像用鼓槌击打鼓使之振动一样。

中耳　耳膜后面的部分称为中耳。**中耳(middle ear)**包括人体上三块最小的骨骼——锤骨、砧骨和镫骨。看看图2-19，就会明白为什么叫这样的名字。锤骨附着在耳膜上，因此当耳膜振动时，锤骨也会震动，然后锤骨击打砧骨，砧骨使镫骨振动。

内耳　内耳与中耳之间由另外一片耳膜隔开。耳膜后面是一个充满液体的小洞。这个洞称为**耳蜗(cochlea)**，其形状像蜗牛的壳。耳蜗里面连接着10000多根细小的发丝。当镫骨振动耳膜时，振动穿过耳蜗中的液体。随着液体的移动，发丝来回摆动。发丝上附有感觉这些运动的神经细胞。神经纤维给大脑发送信息，大脑处理这些信息并告诉你已经听到声音了。

☑ ***想一想***　***耳朵有哪三个主要区域?***

增进技能

听声音　活动

声音是怎么传到你耳朵的?

1. 把约40厘米长的两根弦缠在一个金属勺的柄上。
2. 双手各拿住一根弦的一端，用勺子击打桌面或其他硬物，听发出的声音。
3. 再把弦的末端缠绕在你的手指上。
4. 把缠了弦的指头靠近耳朵，再次用勺子击打物体。

推论　第一次听到的声音和后来手指靠近耳朵时听见的声音有何差别？对于声音是怎样传到你的耳朵的问题，你可以得出什么样的结论?



图2-20 助听器能将传到耳朵里的声音放大。

听觉丧失

与健康科学的综合 通常情况下，人的耳朵可以觉察到像呼吸那样轻微的声音(大约2～10分贝)。人可以听到的声音的频率范围是20～20000Hz。然而，如果一个人出现失聪，则这个人在听很柔和或很高的声音时会发生困难。**很多人因为受伤、感染或者身体老化而失聪。**

由于受伤或者感染而导致的失聪 脑部损伤可以导致锤骨、砧骨和镫骨相互失去连接，此时，声音就不能通过中耳传播。用手术的方法可以矫正这类失聪。

耳膜损坏或穿孔也可导致失聪(想象一下击打一面破鼓！)。因此，把异物放入耳朵，哪怕事后再去清洗，也是十分危险的。病毒或细菌感染则可能损坏复杂的内耳，导致永久失聪。

由于身体老化引起的失聪 大多数失聪都是随着身体老化逐渐发生的。人年纪越来越大时，人耳蜗中细小的发丝细胞觉察信号的功能会越来越差。很多老年人都听不到频率较高的声音。

持续地听响度很大的声音，也可以损伤发丝细胞。如果发丝细胞损坏，它们将再也不能向大脑传输信号了。如果你知道自己将要暴露在噪声很大的环境中时，你可以带耳套或者其他保护听力的东西，以防止耳膜受损而失聪。

某些类型的失聪可以通过使用助听器来改善听力。助听器是一个放大器。有些助听器很小，可以隐匿地放进耳朵里。还有一些是为某些人专门定做的，主要用来放大这个失聪的人听不到的频率。

第四节复习

1. 耳朵是怎么觉察到声音的？
2. 声音为什么会损害听力？
3. 描述耳膜是如何工作的。
4. 声波进入耳朵后经历了什么过程？
5. **理性思维** **推论** 将你一天中通常可能听到的各种声音画成一幅图。估计每种声音的音量，描述哪些声音可能造成失聪。

提示：参考第47页图2-8。

身边的科学

邀请家人做一个他们一天当中所能听到的声音类型的调查。让每个成员先按安静、正常、大声或让人痛苦等类别对声音分类；然后把每种声音再按愉悦、一般或厌烦来分类。描述各类声音的来源、位置和时间，以及家人暴露在各类声音下的时间。看看他们的分类有哪些相近、又有哪些差别？

噪声污染

一个建筑工人正在用电钻工作，一个妇女站在嘈杂的地铁站，工厂的工人使用隆隆作响的机器，这些人都是噪声污染的受害者。在美国，有8 000万人说他们持续受到噪声的困扰，有4 000万人的健康因此受到威胁。



路过的卡车突如其来的声音足以导致血压升高，120分贝的声音让人开始感到不舒服。实际上，即使暴露在85分贝(厨房里的搅拌机或者婴儿大声啼哭的声音)环境中也可损伤耳蜗里的发丝。“没有危害”的噪声仍然可能损害你的听力。多达1 600万美国人可能会因为噪声而永久失聪。身处如此的环境，我们到哪里去寻找安静呢？

问题

个人怎么做？ 各类工作环境的嘈杂程度各不相同。建筑工地、机械工厂以及交通运输业的工作环境较差，在这些环境中工作的人，听力最容易受伤。这些人，可以佩戴诸如耳塞或者耳机状消声器等耳朵防护装置，这些装置可以将噪声减少35分贝。另外，听摇滚音乐的人或使用电钻的人则可以用耳朵防护装置保护听力。此外，人们要尽可能地避免接触噪声。可以买噪声小一些的机器，在午休或者晚上安静的时候不使用像割草机、电钻等有噪声的机器以免影响邻居。耳机、收音机、CD机、录放机的音量应当调低，因为它们的声音过大正是导致年轻人失聪的最主要原因之一。

社会怎么做？ 运输工具——飞机、火车、货车和小汽车是最大的噪声污染源。美国有1 500万人生活在机场附近或者飞机航线下面。科学地规划公路和机场的位置，使之远离住房和建筑物，可以减少噪声污染。城市和乡镇还可以在夜晚禁止飞机飞行。

很多社区已经对超过一定分贝的噪声立法，但这些法律往往并不强制执行。在某些城镇，“噪声警察”可以对产生噪声的设备主人罚款。

政府怎么做？ 美国于20世纪70年代设立了消除和控制噪声办公室这样一个国家机构。该办公室要求在动力工具和割草机上贴上标签，表明机器会产生多大的噪声。但这个办公室在1982年被撤消了。一些立法者希望重新建立这个办公室并在全国范围内对多种类型的噪声加以限制。但批评者认为用国家法律来控制噪声效果并不理想。联邦政府应该鼓励并资助研究生产噪声更小的运输工具和机器。

你的决定

1. 识别问题
用自己的话描述噪声污染问题。

2. 分析选择
列出尽可能多的处理噪声的方法。为减少噪声或是帮助人们避免噪声污染，应如何实施这些方法？每种方法会影响哪些人？

3. 找出结论
提出一个在你的社区减少噪声的方法。做一份鼓励人们采纳你的建议的海报。

SECTION 5 声音的应用

探索 活动

如何根据时间测量距离

1. 量出离墙 3 米的距离，用胶带纸做上标记。
2. 从测量点沿直线向墙滚动一个软球，观察球会发生什么情况？
3. 再次滚动球。每次尽量用同样的速度滚动。请一个同学用秒表记录球离开你的手、滚到墙面，然后再弹回到你面前所花的时间。
4. 再将距离延长至 6 米，标出位置，重复步骤 2～3。
5. 比较球在两个不同距离中运动的时间。

思考

推论 时间上的差异向你提供了哪些有关球滚动的距离的信息？

阅读指南

- 怎样用声纳探测距离？
- 动物怎样使用声音？
- 医学上怎样使用超声波？

阅读提示 阅读时用一两句话来描述每种声波的用途。

你和你的朋友进入了一个又长又暗的洞穴。你们发现，自己发出的每一点声音好像都返回到了身边。为了好玩，你们两个人又喊又叫，然后倾听从洞穴各处反弹回来的回声。

声波的反射

当声波碰到它不能穿过的物体表面时，声波就会弹回来，或者说反射回来。返回来的声波称为回声。

回声一般要比原来的声音弱得多。这是因为声波在传播途中损失了一部分能量。回声的强弱也与声波所撞击的材料有关。有些材料反射声波的能力强，而有些材料则能吸收投射到它们上面的大部分声波。研究材料对声波的吸收和反射性能，在声音的应用方面具有重要意义。



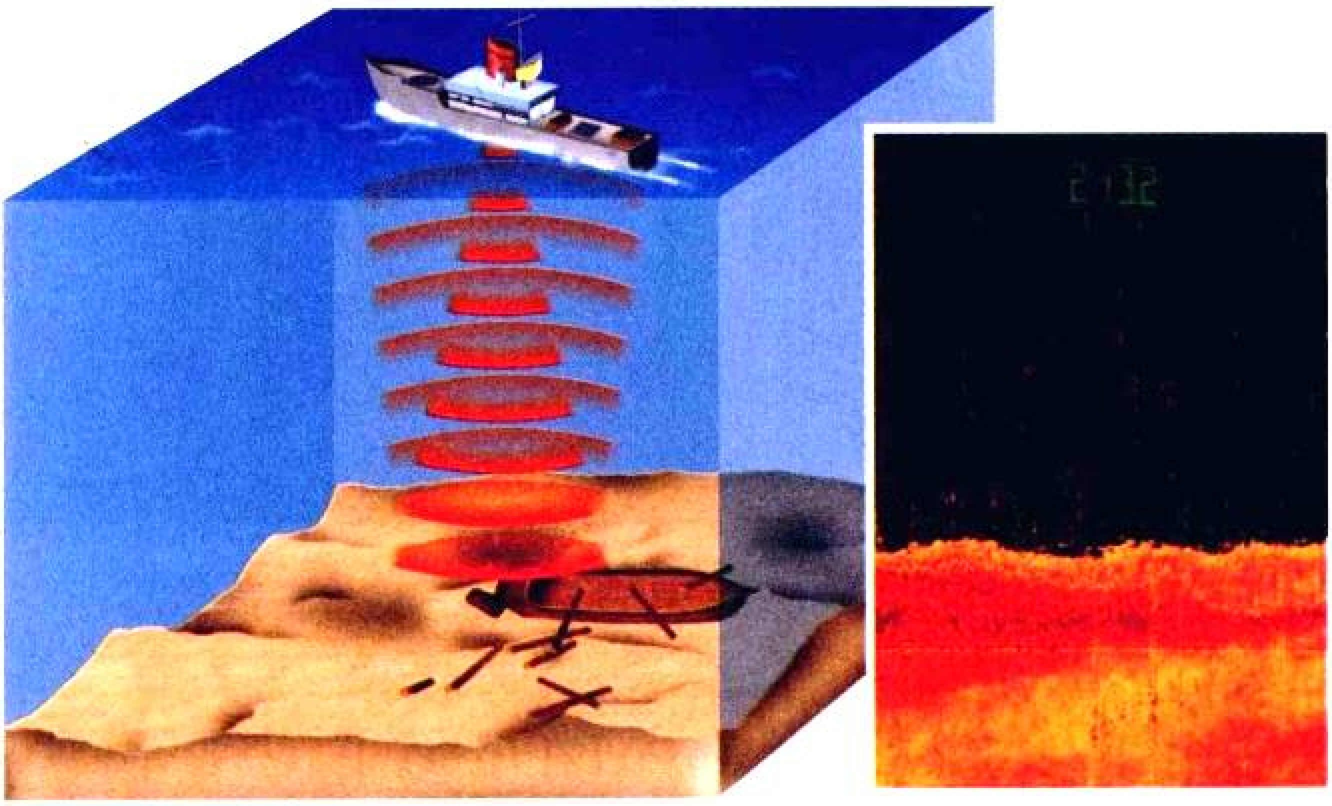


图2-21 声纳能用于测量距离和确定水下物体的位置。

应用概念 *要想计算声波传播了多远，必须知道哪两个量？*

声纳

反射的声波有很多用途。如测量水的深度、定位沉没的失事船舶、寻找鱼群，或者定位远航的船只。

声纳(sonar)是一个监测反射声波的系统。声纳这个词来自于“**sund navigation and ranging**”的短语中各词第一个字母的组合。“**navigation**”意指在海上或者在空中的航线，“**ranging**”意指探明两个物体间的距离。潜水艇和船舶利用声纳来探测其他潜水艇和船舶。声纳向水底发射声波，当声波碰到水中的其他船只时，声波就被反射回来，并被声纳设备检测到。

声纳的工作原理 声纳仪或者深度测试仪，向水中发出一束高频超声波，当声波碰到其他物体或海底时，就被反射回来。反射的声音被声纳仪检测到，通过测量声波从发射到返回所经历的时间，就可计算出声波传播的距离，从而间接测得物体的位置。反射波的强度则可反映反射声波的物体的形状和大小。

计算距离 声波传播的距离与来回所花的时间成正比关系。因此，只要测出仪器发射的声波往返所花的时间，然后与声波在水中的传播速度相乘，就是声波来回一次所花的时间，以上结果除以2，就是声波传播的实际距离。

☑ ***想一想*** ***声纳有哪三个用途？***

增进技能

实验设计 活动

1. 在桌上竖立一块方形纸板，用书把它支撑起来。
2. 在桌上放两个空的纸筒。两个筒之间相互成一定角度形成V字型。让V字型的顶点靠近纸板，纸板与筒之间留6厘米间隔。
3. 在一个筒里放一只滴答滴答作响的表，把你的耳朵贴在另一个筒的一端，用手掩住另一只耳朵。你能听到什么声音？
4. 设计一个实验来研究不同材料反射声音的情况。



图 2-22 大象利用低频声波，或者叫次声波传送信息。

超声波和次声波的应用

训狗人静静地站着，看着不远处的狗。为了引起狗的注意，训狗人轻轻地吹出一声哨子。也许你什么也听不见，但狗却停了下来，竖起耳朵，然后向训狗人跑来。为什么狗听到了响声而你却没有听见呢？这是因为狗可以听到20000Hz以上的超声，远远超过人类的听力上限。

有些动物能用人类听不到的声音交流。大象睡觉醒来时，会用脚踏击地面。这种踏击产生一种人耳听不见的低频的声音，即次声波。这种声波可以通过地下传到50千米以外的地方，被其他大象听到。

回声定位法 海豚和鲸发出砰砰的声音，这种声音频率很

与生活科学的综合

高，但人还是可以听到。**回声定位法** **(echolocation)**是使用声波测定距离或定位目标的方法。海豚和鲸就是使用回声定位法找到他们在海洋中的巡游路线以及发现他们要捕猎的食物的。

图 2-23 海豚借助高频声波相互交流信息、领航和寻找食物。



人们曾认为，鱼不能听到海豚和鲸发出的高频声音。但科学家现已发现，美洲西鲱、青鱼和某些鱼类可以听到高达180000Hz的声音——是人可以听到的最高频率的9倍。借助这种能力，这些鱼就可以避免被海豚和鲸吃掉。

由于声波可以在水中很好地传播，超声波有很多实际的用途。渔民把超声波蜂鸣器挂在鱼网上。这些超声波使海豚感到烦恼，从而游离鱼网而不致被捕获。潜水员也使用一种能发出超声波的设备，使周围的鲨鱼不敢靠近，从而避免发生意外。

蝙蝠的回声定位 如果你在漆黑的屋子里行走，你很容易会碰到墙壁和家具，然而蝙蝠却可以在黑暗中飞行而不会碰到任何东西。这是因为蝙蝠能够使用回声定位法确定飞行路线及寻找食物。

蝙蝠飞行时，发出频率高达100 000Hz的声音脉冲，并能够吸收回音。借助这个本领，蝙蝠可以辨别是否会撞上某个物体。蝙蝠虽然不是瞎子，但他们在飞行中通常更多的是靠听觉“看东西”而不是视觉。回声定位可以帮助蝙蝠寻找食物和捕猎。大多数蝙蝠以昆虫为食，但也有一些蝙蝠以老鼠、青蛙和小鸟这样的小动物为食。

图 2-24 蝙蝠用回声定位法寻找食物，避免撞上物体。



医学中的超声波 与健康的综合 医生使用超声波可以得到称为**超声波扫描图(sonogram)**的人体内部图像。**这种图像可帮助医生观察人体内部，诊断病情，以采取相应的治疗措施。**

用超声波仪器为孕妇检查身体时，医生拿一个小小的探头探测孕妇的腹部。这个探头发出频率很高的声波(大约2×10^6Hz)，超声仪接收并测量反射回来的声波。通过分析反射声波的密度和频率，仪器构建出一幅图像——超声波扫描图，它可以显示正在发育的胎儿的情况。超声波扫描图还可以显示将要降生的是否是多胞胎。除了静态的图像外，超声波还可以制作出正在发育的胎儿的动态图像。

由于超声波具有很高的频率，因此准确汇集成的超声波还可以除掉不需要的人体组织，而病人并不感到疼痛。这样病人可以不用手术就能恢复健康。

图 2-25 医生用超声波仪器为孕妇检查身体。屏幕上显示的是一个发育中的胎儿。







图2-26 家庭用品中运用超声波的例子包括自动照相机、超声波牙刷和超声波珠宝清洁器。



超声波在家庭中的应用 随着技术的进步，越来越多的日常用品使用了超声波。例如，有一种电子牙刷，它能发出高频声波，直达牙刷棕毛刷不到的地方，这样刷牙既干净又舒服。



家中的金银珠宝必须定时加以清洗。但用传统的方法，珠宝很容易被刷子或清洁剂损坏。改用超声波清洁器就不会有这种后顾之忧了。用清洁器清洗时，先将珠宝放入装满水和中性洗涤剂的盆子中，打开开关，清洁器便向水中发射超声波，声波接触珠宝产生振动，把污垢震掉而不会引起珠宝破裂或造成其他损伤。

有些照相机使用超声波自动聚焦。通过取景器对准想要拍摄的景物。按下按钮，照相机发出超声波，当声波从景物反射回照相机时，相机就能测定声波传播的时间，计算出景物的距离，然后再调整相应的焦距。

第五节复习

1. 声纳是什么？
2. 动物是如何运用超声波和次声波的？
3. 超声波在医学上有哪些应用？
4. 哪些家用器具使用超声波？在每种器具中，声波具有什么功能？
5. **理性思维** **计算** 海水中的声音大约是1 530米/秒。如果一束声波从海底返回船上共用了3秒，那么此处的海水深度是多少？

课题 2

检查进度

测试你的乐器，听听声音是否悦耳，音域是否宽广，音量是否可调，然后校准你的乐器。根据音高和频率关系的知识，寻找改变演奏不同音符的办法。可以用钢琴或调音管来校准你的乐器。最后，试着演奏一段乐曲或歌曲，或你自己创作的歌曲。

学习指南

SECTION 1 声音的本质

知识要点

- 声音是在介质中传播的一种纵波。
- 声速取决于介质的弹性、密度和温度。

关键术语

喉　弹性　密度

SECTION 2 声音的性质

知识要点

- 声波的强度越大，音量也越大。音量用分贝来量度。
- 你所听到的声音的音高取决于声波的频率。
- 当声源向听者移动时，声波以较高的频率传向听者，音高提高的原因在于多普勒效应。

关键术语

密度　响度
分贝(dB)　超声波
次声波　音高
多普勒效应

SECTION 3 声波的混合

知识要点

- 基音与泛音混合后产生了特定的声音，其具有特殊的音质，称为音色。
- 音乐是以听起来悦耳的方式组合起来的一组音调。
- 噪声没有悦耳的音色或可识别的音高。
- 两种或多种声波相互作用时会发生干涉。

关键术语

音色　音乐　噪声
不谐和音　音响效果　节拍

SECTION 4 怎样听到声音

与地球科学的综合

知识要点

- 外耳汇集声波，中耳把声波传向内耳，内耳把声音转换成大脑能理解的形式。
- 受伤、感染或身体老化可使人失聪。

关键术语

耳道　鼓膜
中耳　耳蜗

SECTION 5 声音的应用

知识要点

- 声纳通过测量它所发出的超声波往返所花时间的方法测量距离或对物体定位。
- 动物运用超声波进行交流、导航以及寻找食物。
- 医生使用超声波观察人体内部，进行诊断和治疗。

关键术语

声纳
回声定位
超声波扫描图



活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

第2章复习

复习题

选择题

（选择最佳答案）

1. 下列各项中，不能传播声音的是____。
   a. 水　　b. 钢轨
   c. 木门　　d. 外层空间
2. 多普勒效应可以明显改变____。
   a. 声音响度　　d. 声音强度
   c. 音高　　d. 共鸣
3. 节拍来自于____。
   a. 反射　　b. 折射
   c. 散射　　d. 干涉
4. 锤骨、砧骨和镫骨位于____。
   a. 外耳　　b. 中耳
   c. 内耳　　d. 耳蜗
5. 声纳用于确定____。
   a. 时间　　b. 速度
   c. 反射角　　d. 距离

判断题

如果描述正确，写 “T”；如果错误，写 “F”，并修改划线部分

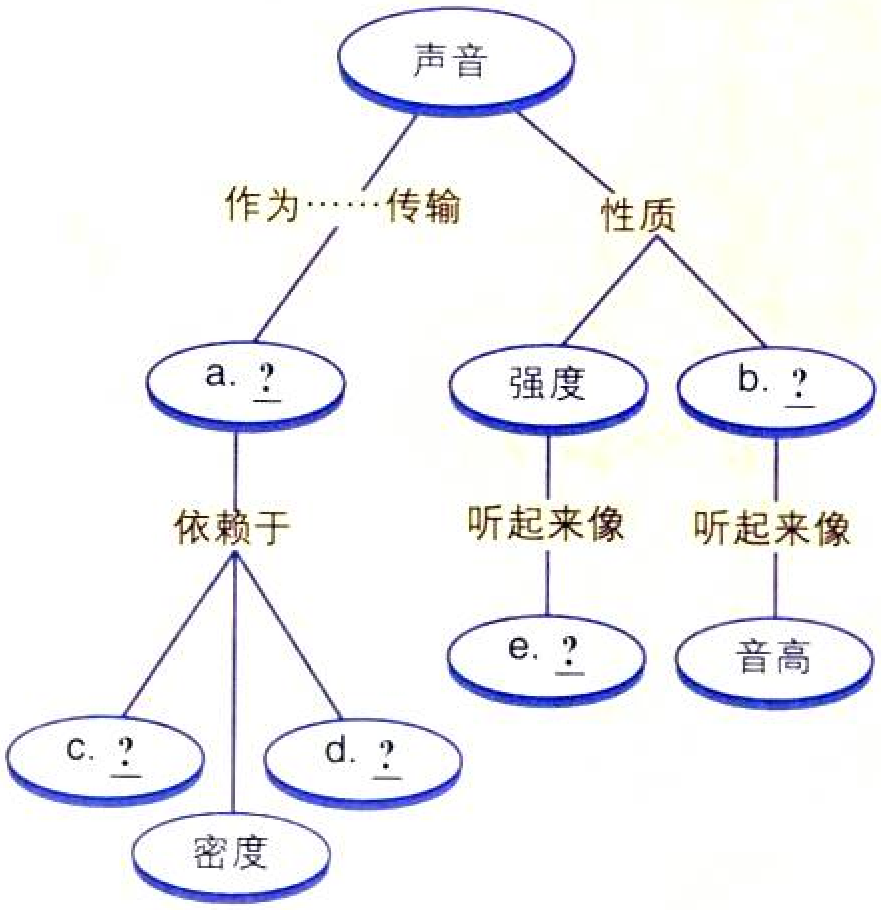
6. 声音在空气中比在水中传播得快。
7. 声音的响度就是耳朵所感觉到的音高的高低。
8. 音色是你所听到的声音的质量。
9. 内耳含有耳蜗。
10. 用声音测量距离的系统称为音响效果。

简述题

11. 当鼓振动时，在鼓周围振动的空气分子并没有到达你的耳朵，但你还是听到了鼓声。请解释原因。
12. 当汽车从你身边开过时，驾驶员就用手按喇叭。描述一下车子开到你身边然后离去时你听到的声音的情况。
13. 影响吉他琴弦声音的因素有哪些？
14. 噪声是如何损伤人的听力的？
15. 为什么超声波能够用于医学？
16. **科技写作** 有人要你写一本有关声音的小册子。这本小册子将提供给不久就要来到的太空客人。他们没有声音的概念，一切知识都要从你的小册子中获得。

形象思维

17. **完图填空** 把这个概念图抄在一张纸上，然后补充完整并加上标题。（关于概念图，请参考技能手册）



应用题

下表列出了几种动物发出和能听到的声音的频率范围。利用这些数据回答问题18～20。

动物	可听到的最高频率/Hz	能产生的最高频率/Hz
人类	20000	1100
狗	50000	1800
猫	65000	1500
蝙蝠	120000	120000
海豚	150000	120000
青蛙	10000	8000
旅鸫	21000	13000

18. 画图 画一个条块图，比较每种动物能听到的声音的最高频率和能发出的声音的最高频率。

19. 解释数据 哪种动物能听到的声音的频率最高？

20. 计算 如果声音在空气中的传播速度是340米/秒，运用下面的公式计算人能听到的最高频率声波的波长。

波长＝速度/频率

思考题

21. 控制变量 测量声音速度时，哪个或哪些变量应该控制不变？

22. 应用概念 如果一个音乐家正在乐器上弹奏一个音符，同时另一个人在类似的乐器上演奏一个稍高的音符，你将听到什么？

23. 推论 雷声和闪电同时发生，为什么你总是在听到雷声之前就已看到闪电？

24. 对比 声波和弹簧的波有什么相似之处？它们又有什么不同？

第2章复习

学习评估

课题2 总结

实验汇报 描述你的乐器并说明它是怎么制作的。讨论你是怎样解决设计中发生的问题的。用你的乐器演示怎样演奏不同的音符以及怎样改变乐器的音高和响度。

思考和记录 写一篇文章评估你的课题。你准备对乐器的设计作哪些改进？你会改用什么材料？你的乐器和你同学制作的乐器有什么相似和不同？

实践活动

在社区 在你家或学校附近找出“不想听到的”那些噪声。这些噪声有什么特点？这些声音是否太大？音高是否太高？写篇短文描述噪声的来源。给社区提出怎样减少这些噪声来源的建议。

第三章 电磁波



主要内容

SECTION 1 电磁波的性质

- 探索　光是如何传播的
- 试一试　光的性质

SECTION 2 电磁波频谱

- 探索　白色光是什么
- 试一试　蜜蜂看到了什么

SECTION 3 产生可见光

- 探索　灯具有什么不同
- 增进技能　观察
- 生活实验室　比较灯具

课题 3

关于无线通信的调查

通信技术正在快速发展。现代技术使存储和传送大量信息成为可能。随着科学技术的进步，通讯技术还在不断发展。看看现在的世界，人们是如何沟通的？收音机、电视机、移动电话，已成为日常生活的一部分。无线通信使人们能够在任何时间、任何地点进行交流和沟通。

本章你将学习和研究几种无线通信设备的使用。

课题目标 收集在什么时间、什么地点以及为什么人们使用收音机、电视机、移动电话和其他通信设备的数据。

为了完成这个项目，你必须：

- 设计一个关于通信设备用途的调查问卷。
- 向你们学校的学生和你所在社区的成年人介绍你的调查问卷。
- 编辑和分析你的数据。
- 画图说明你的结果。

课题准备 就你将要提出的问题听取周围人的意见。设想调查问卷的格式和内容。怎样让其他班级同学参与，以使你能收集更多数据？

检查进度 在学习本章时，你要同时进行这个课题的研究。为使你的课题正常进行，在以下各阶段检查你的进度：

第 2 节复习，第 88 页：设计和分发你的调查问卷。
第 4 节复习，第 103 页：编辑、分析调查结果并将它画成图表。

总结 本章结束时(第 109 页)，在班内演示你的调查结果。

与技术科学的综合

SECTION 4 无线通信

探索 怎样改变无线电波
试一试 产生电磁波干涉
生活实验室 组装晶体管收音机

SECTION 1 电磁波的性质

探索 **活动**

光的传播路径

1. 在4张索引卡上分别打一个小洞(直径约0.5厘米)
2. 把每张卡片直立，使索引卡长的一边在桌面上。用夹子或橡皮泥固定住直立的卡片。
3. 每张卡片间隔10厘米。为保证所有小洞在一条直线上，用绳子将卡片串起来，并拉紧绳。
4. 把手电筒放置在离你最近的卡片前。关掉所有电灯，使手电筒的光是惟一能够看到的光。你在墙上看到了什么?
5. 把一张卡片向一侧移动大约3厘米，然后重复第4步。现在你在墙上看到了什么?

思考

推论 解释第5步所产生的现象。关于光的传播路径，这个活动向你揭示了什么?



阅读指南

◆ 什么是电磁波?

◆ 什么是光?

阅读提示 阅读时列出用来描述电磁波性质的词。

闭上眼睛，想像你淋到了一场雨。你仅仅是被淋湿了吗? 或者你还淋到了其他什么东西? 信不信由你，你被淋到的，更多的是电磁波，而不是雨水。不过，大多数电磁波你既听不见，也感觉不到。但事实是，我们时时刻刻都处在电磁波的包围中：就在你阅读这些文字的时候，你正被无线电波、红外线波、可见光波、紫外线波，甚至少量X射线和γ射线包围着；如果你打开收音机，用无绳电话或手机交谈，打开电灯或者拍摄X光片，你就已经体验了电磁波。



图3-1 尽管你不能感觉到它们，但你一直处在电磁波的“淋浴”中。

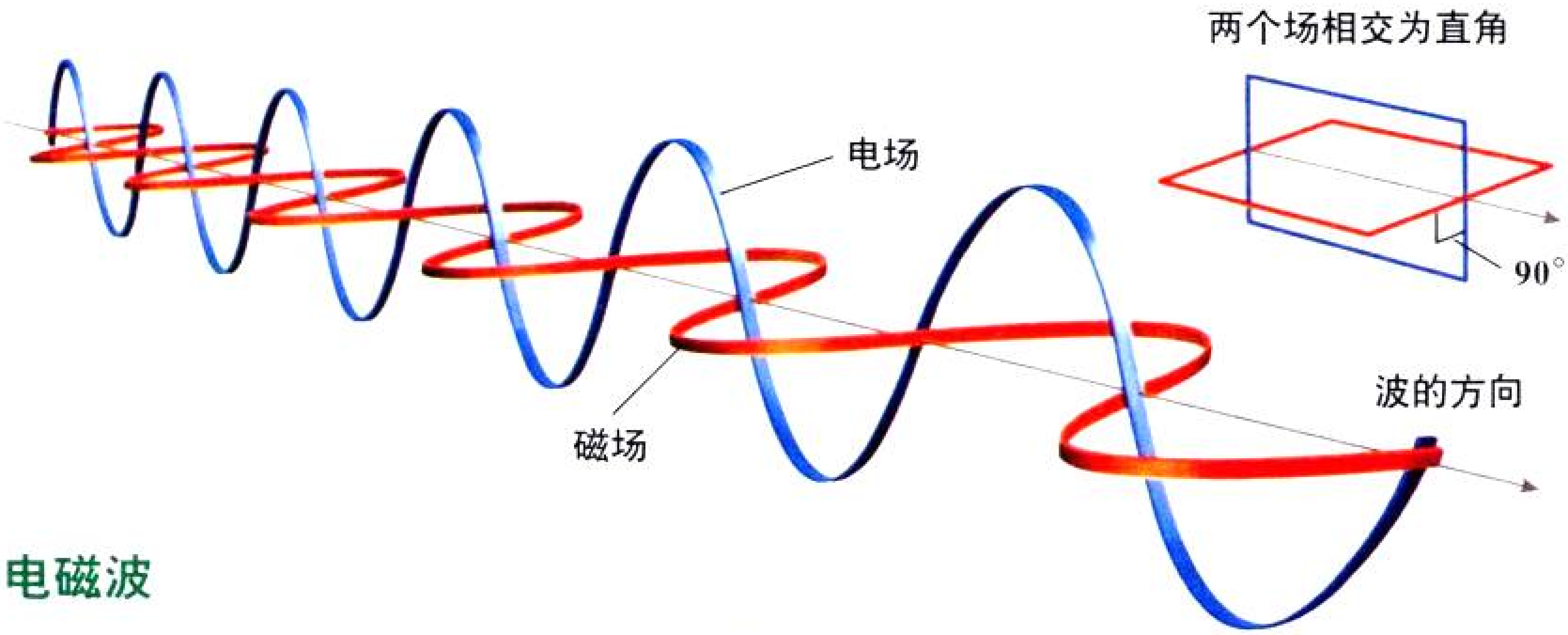


图3-2 在电磁波中，电场与磁场以相互垂直的方向振动。
分类 电磁波属于什么类型的波？

电磁波

你已经看到过在水中、绳索中和弹簧中传播的波。你还听到过在空气中和水中传播的声波。所有这些波有两个共同点——它们把能量从一个地方传递到另一个地方；传播时都需要介质。但是电磁波不需要介质也能传播能量。**电磁波 (electromagnetic wave)** 是一种传播电能和磁能的横波。**电磁波由振动的电场和磁场组成，电场和磁场以光速在空中运动。**

产生电磁波 光和所有其他电磁波都是由带电粒子产生的。每个带电粒子都有一个电场围绕着。电场产生能够推拉其他带电粒子的电力。

当带电粒子运动时，它就产生磁场。磁场产生的磁力能够作用于某些物质。例如，如果你将一枚回形针放在磁铁附近，这枚回形针就会向磁铁的方向运动，因为磁场环绕在磁铁周围。当带电粒子的运动变化时，它的磁场也改变了。改变了的磁场导致电场变化。电场和磁场中，如果一个场振动了，另一个场也要振动。就是以这样的方式，两个场振续不断地引起相互间的变化。其结果就是一束电磁波，如果3-2所示。特别要注意，这两个场是以相交为直角的方式振动的。

能量 由电磁波在空中传递的能量叫做**电磁辐射 (electromagnetic radiation)**。由于电磁辐射不需要介质，所以它就能在真空中传播。这就是为什么你能看见太阳和星星的原因——它们的光是穿越太空中的真空区传播到地球的。

·.试 一 试.·

光的性质

活 动

1. 在两个塑料杯中注满水，把两杯水同时慢慢地倒进水槽，观察两股水流相互交叉时的情况。
2. 两股水流彼此之间是如何干涉的？
3. 现在，关掉房间灯光，用投影仪投影一张幻灯片在墙上，用手电筒光束照射投影光束。
4. 两束光彼此之间如何干涉？干涉对投影在墙上的图片有什么影响？

推理 光束间的干涉与水流间的干涉有何不同？这个活动支持光的波动模型还是支持光的粒子模型？解释为什么。

速度 所有的电磁波都以相同的速度传播——在真空中大约每秒300000千米。这个速度称之为光速。以这个速度，太阳光从太阳出发到达地球约需8分钟，经过了1.5亿千米。当电磁波穿过像大气这样的介质时，传播要慢些。但是，即使速度减慢了，电磁波的传播速度仍然要比声音在空气中的传播速度快100万倍。

☑ ***想一想*** ***电磁波在真空中的传播速度是多少？***

电磁波的模型

波动模型能够解释电磁波的许多性质。但是，电磁波的一些性质，只有粒子模型才能给予它最好的解释。正如你所学过的，光是一种电磁波，必须要用波动模型和粒子模型这两个模型才能说明光的全部性质。

光通过滤光片时，它表现出波的特性。一束普通光包含了可以在各个方向振动的波。在滤光片中，既有类似于水平、又类似于垂直的小裂缝。光进入滤光片时，只有某些波能够通过。通过的光叫做**极化光（polarized light）**。

为了更好地理解极化的概念，可把光想像成沿绳索传播的横波。它们可以上下、左右或以任意角度振动。如果你抖动穿过竖条栅栏的绳索，如图3-3所示，那么，只有作上下振动的波才能通过，其他的波被阻挡掉了。滤光片就像这个栅栏，只允许某一方向振动的波通过。

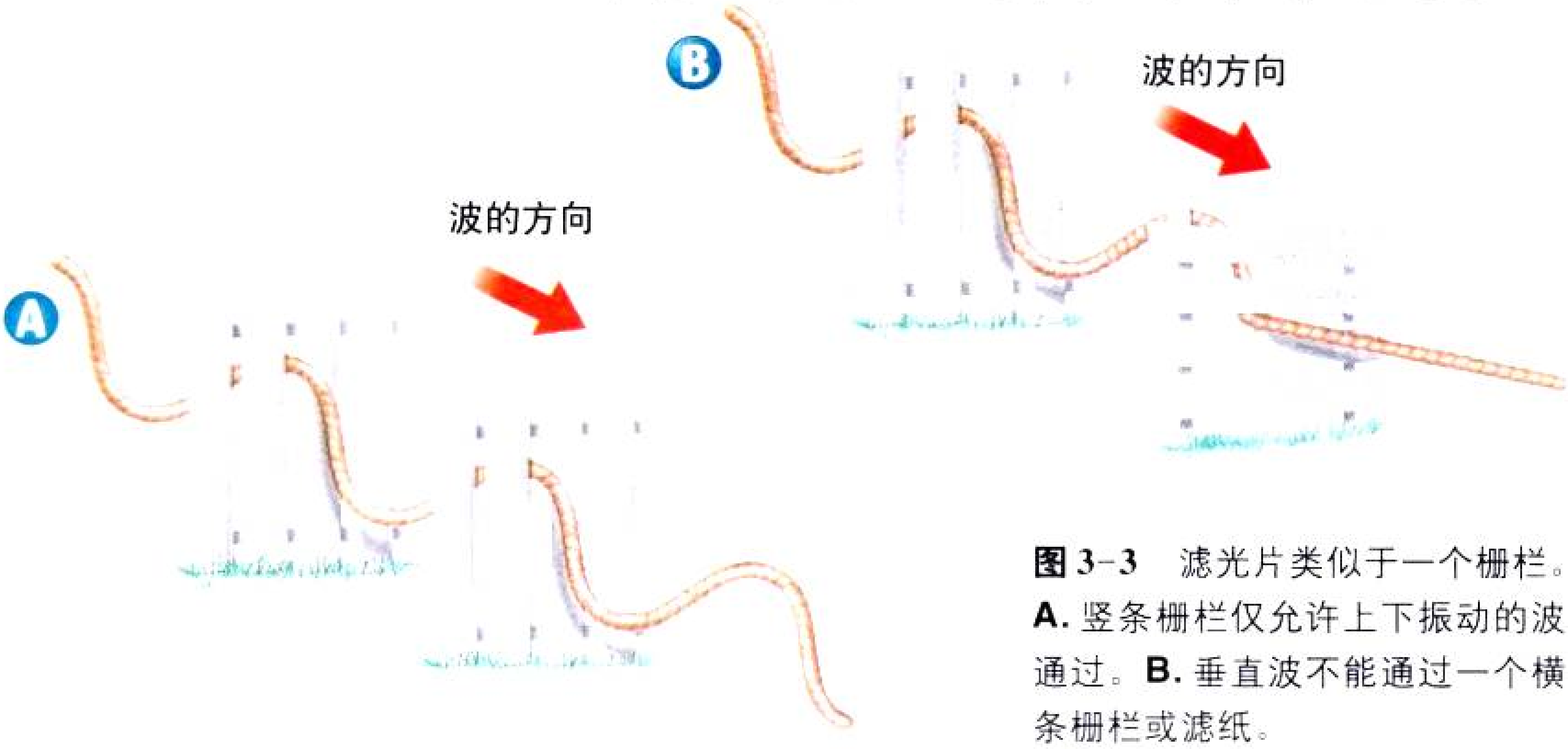
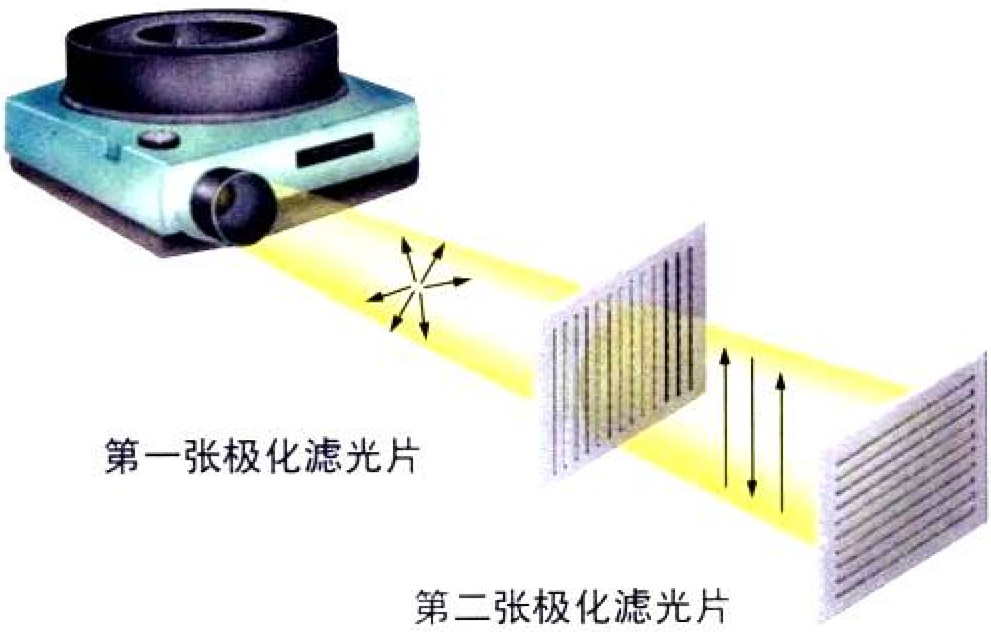


图 3-3 滤光片类似于一个栅栏。**A.** 竖条栅栏仅允许上下振动的波通过。**B.** 垂直波不能通过一个横条栅栏或滤纸。





如果你在一张滤光片前再放置另一张滤光片并旋转其中的一张，你将看到通过的光线数量会发生变化。如果两张滤光片放置成90°角，则没有光线能透过，所有光线均被阻挡。

下面是光表现为粒子流行为的一个例子。当光束照到一些物质时，产生了称为光子的小粒子。光子的运动产生电流。有时光也能撞击出物质中的电子，这称为**光电效应(photoelectric effect)**。光电效应只能用光是带有能量的粒子流来解释。这些粒子就称为**光子(photo)**。爱因斯坦在1905年对光电效应的解释对于我们把光子理解为光粒子非常重要。

很难同时拍下光既作为粒子又作为波的图片，许多科学家发现这太难了。但是要解释电磁辐射的所有特性，上面这两种模型都是必需的。

图3-4 第一张滤光片仅允许上下振动的波通过。当第二张滤光片被放置在第一张前面并成90°角时，就没有光通过。

图解 *光通过滤光片时的表现支持光的波动模型还是粒子模型?*

第一节复习

1. 电磁波是由什么组成的?
2. 描述光作为粒子流的一个行为。
3. 描述光作为波的一个行为。
4. **理性思维** **对比** 光与声音有什么相似之处? 又有哪些不同?

身边的科学

天晴的时候，全家人戴着太阳镜去野外，比较你们的太阳镜，哪一个是极化透镜? 你怎样来证明? 透过太阳镜看反光强烈的物体，如水或玻璃，以比较不同太阳镜的效果。哪种太阳镜设计得最好，可以最大限度地减少晴天的眩光?

提醒：不要直接看太阳。

SECTION 2

电磁波频谱

探 索 活 动

白色光是什么

1. 在纸板盒里放一张白纸，再用一个小三棱镜对着阳光。

注意：不要直接看太阳。

2. 旋转三棱镜使阳光穿过三棱镜后能照射到纸板盒内的白纸上，你看到了什么颜色？颜色的排列顺序怎样？写出颜色的排列顺序。

3. 用彩色铅笔把你看到的纸板里的图像画下来。



思考

概括 *频谱*一词指的是一个系列。你认为频谱一词与你刚才观察到的现象有什么样的联系？

阅读指南

- 如何区分不同的电磁波？
- 什么是电磁频谱的波？

阅读提示 阅读前，用标题列出一个各种电磁波的大纲。阅读时，摘录每种波的有关知识。

你能想办法用光照使食物保温吗？你会在电视机上选频道吗？光和无线电波都属于电磁波，但它们的特性却有很大的不同。正因如此，光和电磁波的用途大不相同。是什么原因导致无线电波与光或紫外线等存在这种差异？

电磁波的特性

所有电磁波以相同的速度传播，但波长和频率却不同。

波长处于人眼能够看到的范围之内的辐射叫可见光。只有一小部分电磁辐射是可见光，其余波长的电磁辐射是看不见的。收音机能够接收的电磁辐射，其波长比可见光更长而频率更低。

回忆速度、波长和频率之间的关系：

$$速度 = 波长 \times 频率$$

既然所有电磁波的速度都相同，那么，随着波长的减小，它的频率就要增加。波长最长的，频率最小；波长最短的，频率最高。电磁波携带的能量随着频率的提高而增加。频率越高，能量越大。

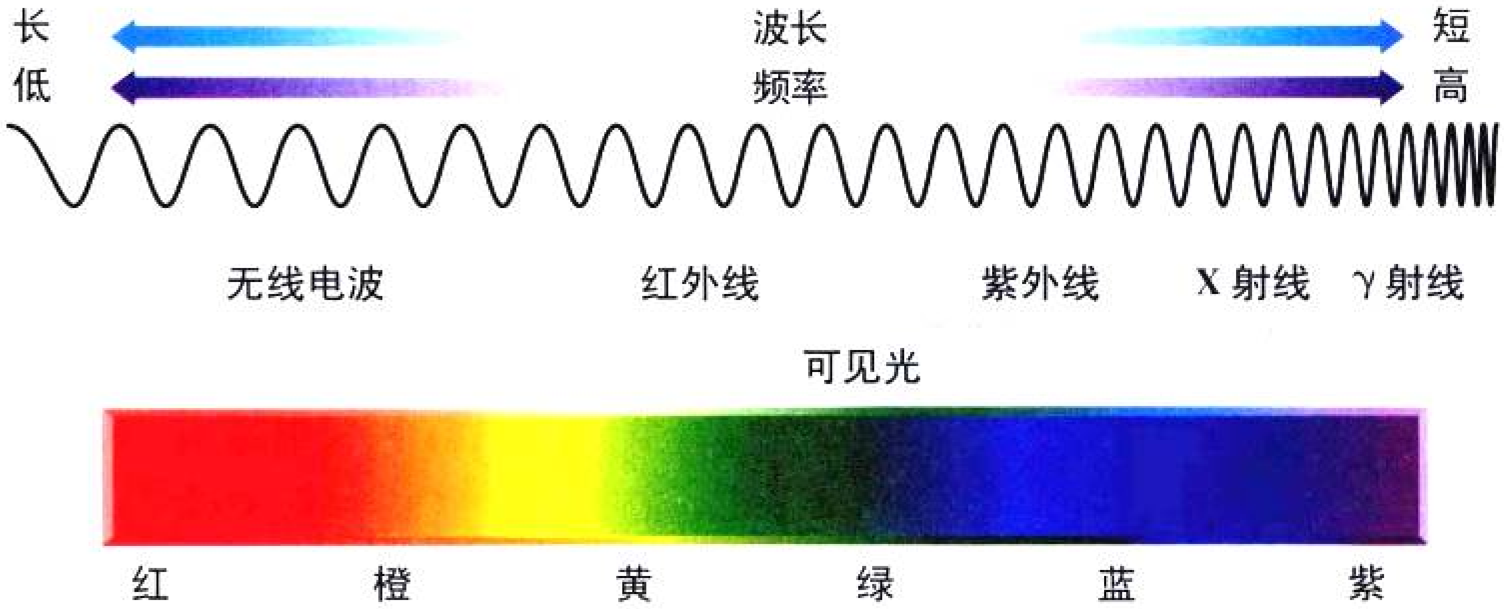


图3-5 电磁频谱显示了随着频率增加和波长变短，不同电磁波的排列顺序。
图解 哪种电磁波的频率最高？

电磁频谱（electromagnetic spectrum）是电磁波按频率增加的顺序排列时，电磁波系列的名称。**电磁频谱由无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线和伽马射线组成。**

想一想 ***电磁波的频率与波长之间存在怎样的关系？***

无线电波

无线电波（radio waves）是波长最长、频率最低的电磁波。与所有电磁波一样，无线电波能在真空中传播。我们接收的多数无线电波是在空气中传播的。无线电接收器从空中接收到无线电波，然后通过电线把它们传送到收音机中，收音机把无线电波转变成从扩音器中发出的声音。

同一地方的每个广播电台以不同的频率广播，听众通过调整调谐刻度盘或旋钮就可选择不同的电台。调整调谐器就是选择不同频率的电磁波，收音机上的数字就是你正在收听的电台的频率。

微波 波长最短、频率最高的电磁波叫**微波（microwave）**。微波最常见的用途之一是微波炉。微波炉工作时，炉子发出能够穿透食物的电磁波，食物中的水分子从微波中吸收能量，使食物变热。

社会研究链接

1920 年只有大约 20 000 人使用接收无线电信号的家用收音机。作为一种尝试，西屋公司的康拉德开始广播音乐和体育比赛节目。由于公众反映非常热烈，公司开始在一个固定的电台广播节目。到 1922 年，美国的广播电台超过了 500 个。

阅读 DIY

想象你是一家早期广播电台的广告主管。给你选择的商业企业主写一封信，告诉他们为什么他们应该在你所在的广播电台播广告。

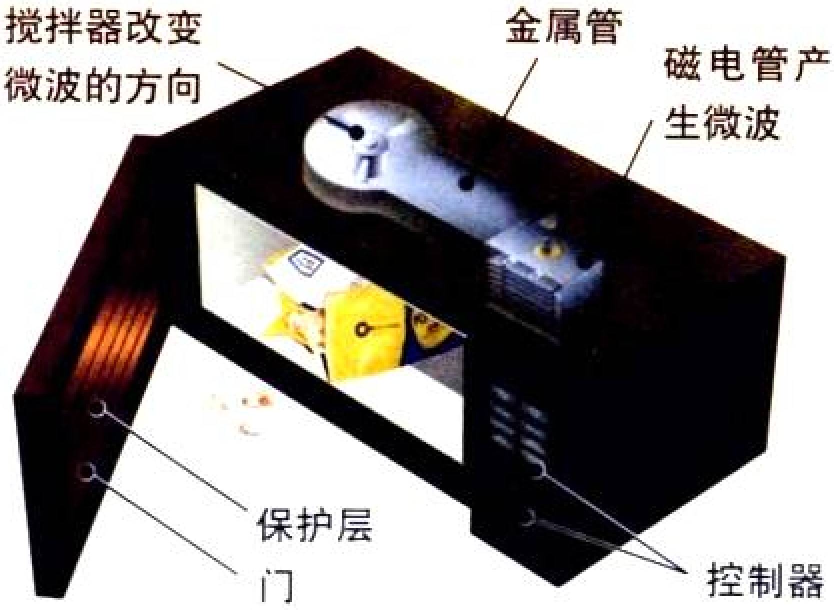


图 3-6 微波炉产生的微波被食物中的水分子吸收。这种能量能使食物更快地升高温度，所以微波炉比普通炉子加热食物的速度要快，因而烹调食物所用的时间就更短。

应用概念 *为什么微波炉中不能用金属容器盛食物?*

微波能直接穿过一些物质，如玻璃和塑料。因为这个缘故，微波不会加热玻璃和塑料容器。如果用这些材料制成的容器变热了，那是因为容器中的食物把热量传递给了容器。其他物质，如金属，则反射微波。如果你不小心把一个金属物体，如金属汤匙，放进了微波炉，你就会看到火花。火花是微波产生的电能在金属中聚集后放电的结果。所以，金属容器和金属器皿决不能在微波炉中使用。

树木、建筑和山脉等不会阻挡微波的传播，因此，微波也用于传送移动电话的信号。在第 4 节，你将学习到更多的这方面的知识。

雷达 雷达也使用波长短的微波。**雷达 (Radar) 是无线电探测和测距 (radio detection and ranging)** 的缩写，雷达能用于定位物体。雷达装置发出的无线电波短脉冲，被一定范围内的物体反射，接收器探测到这些反射回来的波，然后计算电波从目标返回所经历的时间。根据时间和已知的波速，接收器计算出物体的距离。雷达用于监测机场中飞机的起降，如图 3-7 所示。雷达也用于定位海上船只和跟踪气象系统。

在第 2 章，你已经学习过：当声源移近或离去时，声波的频率会发生变化。电磁波也会发生多普勒效应。声波的这一特性在生产、生活中得到了广泛应用。警察运用无线电波和多普勒效应来检测交通工具的速度。

图 3-7 雷达用于监测机场中飞机的起降。







图3-8 运用无线电波和多普勒效应可检测运动中的交通工具的速度(左图)和测量网球等体育项目中的球速(右图)。

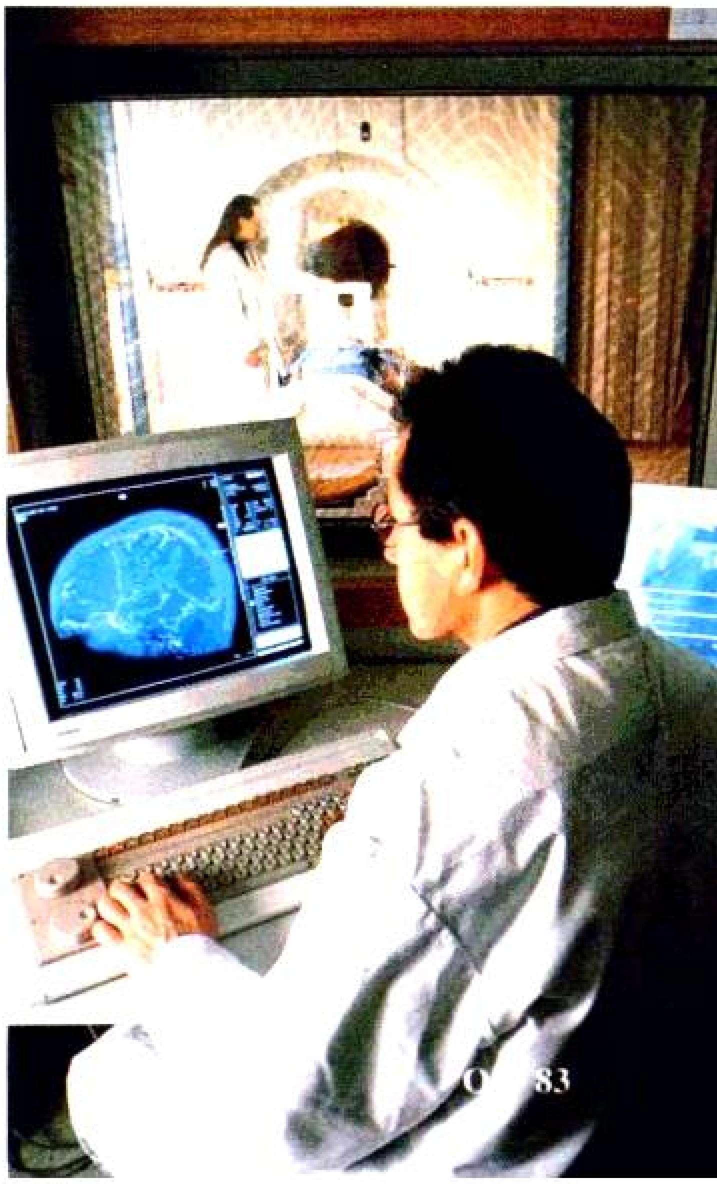
雷达枪向一辆正在行驶的轿车发出无线电波,电波碰到轿车后被反射回来。由于轿车正在行驶,返回的波的频率与发出时不同。雷达装置根据频率的差异计算出轿车的速度。如果轿车速度超过速度限制,警察就会开具一张超速罚单。

雷达也可用于测量球类比赛中的球速。无线电波从运动中的球上弹回,击球或抛球的速度被显示在如图3-8所示的显示屏上。

磁共振成像(MRI) 医疗中使用超声波,可以拍摄人体组织的图片。这个过程称为**磁共振成像(magnetic resonance imaging)**,简写成MRI。在MRI中,人被放置在能发出超声波短脉冲的机器中。在强磁场作用下,超声波使人体中的原子以相同方向排列,机器则测量原子恢复到原来方向时的速度。通过分析,MRI设备就能产生包括脑在内的人体内部器官的图片。磁共振成像可以显示X射线无法拍到的肌肉和其他软组织的清晰图像。MRI特别适用于检测脑和脊椎疾病。

与健康科学的综合

图3-9 磁共振成像技术运用无线电波拍摄人体组织的图片,用于检查大脑、脊髓和其他组织。



☑ ***想一想*** ***无线电波有哪三种用途?***

红外线

如果你启动电炉,电炉丝变热时,它发出的能量使你感觉到了热。这种能量来自红外辐射或红外线。即使在电炉丝变红前,你也能感受到红外线。**红外线(infrared ray)**是比无线电波波长更短、频率更高的波。

Infra-是拉丁语前缀，意思为“下面”，因此红外意味着在“红色下面”。在频谱中，排在红外线后面的波是红色光。

红外线波长比无线电波短，比可见光长。取暖时你能感觉到最长波长的红外线，这些红外线常被叫做热射线。取暖灯泡能发出比普遍灯泡更多的红外线，浴室里一般安装红外线取暖灯，自助餐厅的柜台里有时也放置这类取暖灯，用于食品保温。

大多数物体均能发出红外线。热的物体比冷的物体能发出带有更多能量和更高频率的红外线。红外照相机利用的就是红外线而不是普通光线。这些照片叫做温谱图。

探索 电磁频谱

电磁波无处不在——你的房间、邻居的房间和城镇、海滩或池塘、医院，到处都有电磁波。



温谱图(thermogram)是一种用不同颜色显示不同温度区域的图像。图3-10是一个人的温谱图。温谱图运用红外线来识别物体不同部分的热和冷，从而获得其内部情况。温谱图尤其适用于检查建筑物，如房屋的能量泄漏。

尽管你的眼睛不能看到红外线，但人们可以使用红外照相机或红外线望远镜探测暗处的人或动物。太空卫星用红外照相机研究植物生长，通过观察云的运动来预测未来天气情况。

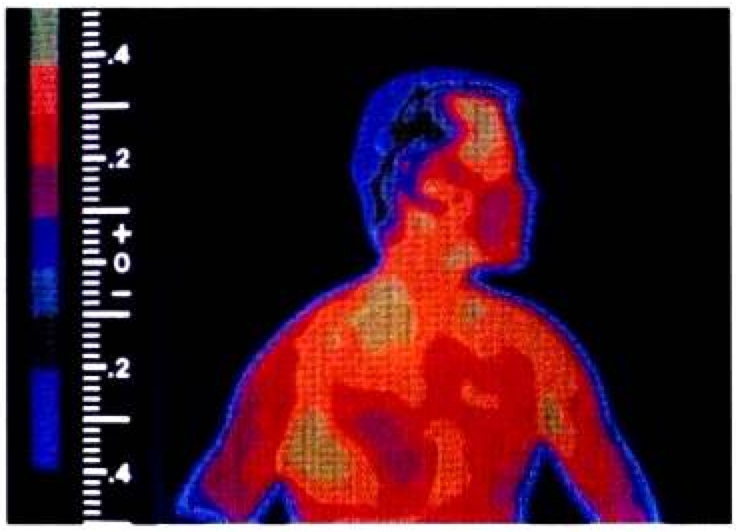


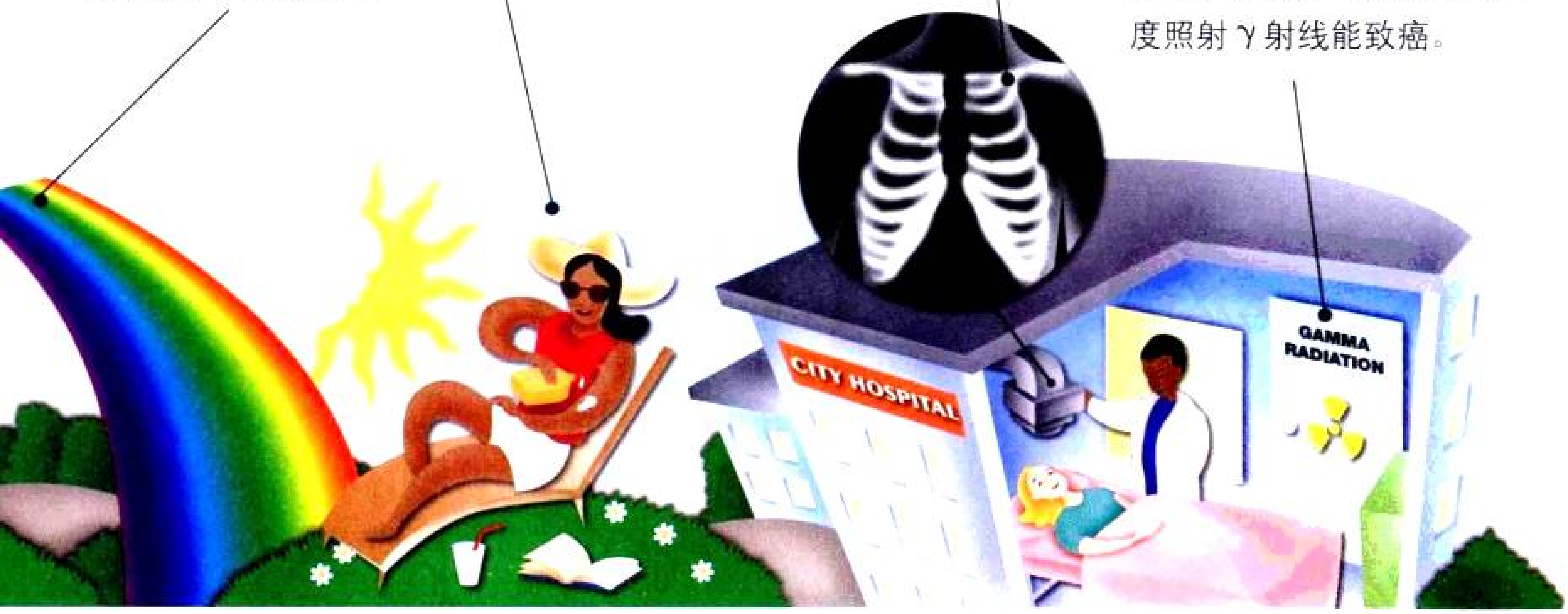
图3-10 红外线拍摄的人体温谱图。温谱图上的不同颜色显示不同温度。

紫外线的波长太短，因此人眼看不见。少量紫外线有助于人体合成维生素D。接触大量紫外线将导致晒斑，甚至皮肤癌。

X射线能穿透人体，但可被稠密组织(如骨骼)所吸收。在X光片上，稠密组织部分呈白色。X射线能够通过的地方呈黑色。

可见光是频谱中人眼能看到的部分。不同波长的光有不同的颜色。

γ射线在医院中用于诊断和治疗癌症。γ射线透过人体，定位于肿块并将它杀死。过度照射γ射线能致癌。



可见光 10^{14}Hz

紫外线 10^{16}Hz

X射线 10^{18}Hz

γ射线 10^{21}Hz

可见光

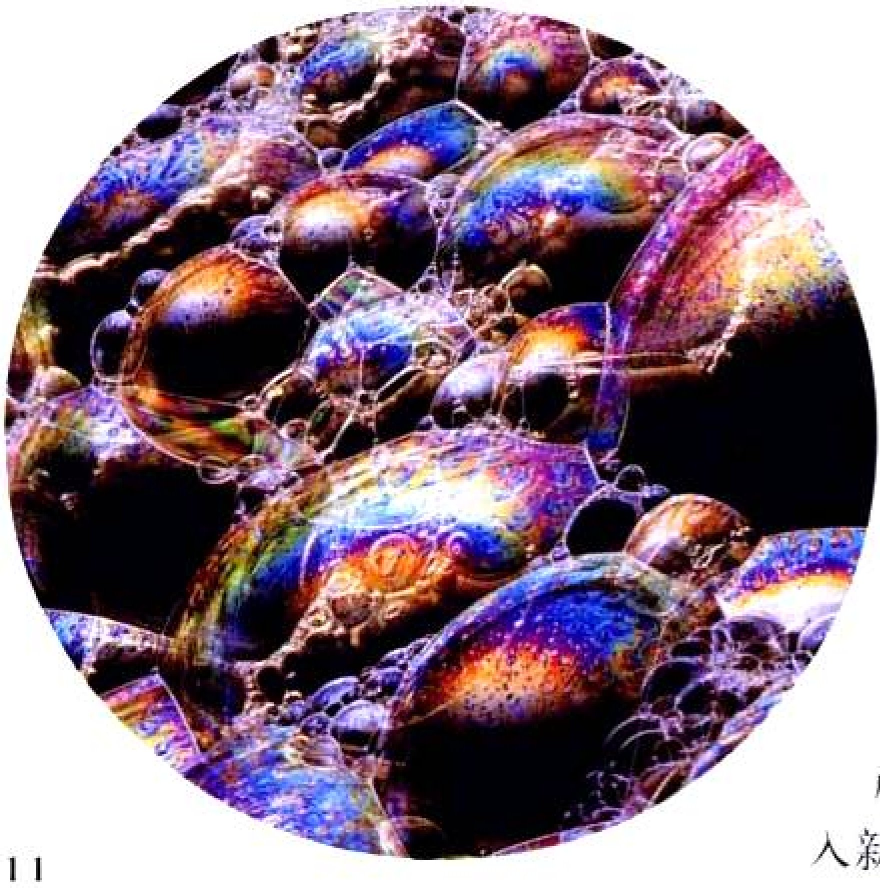


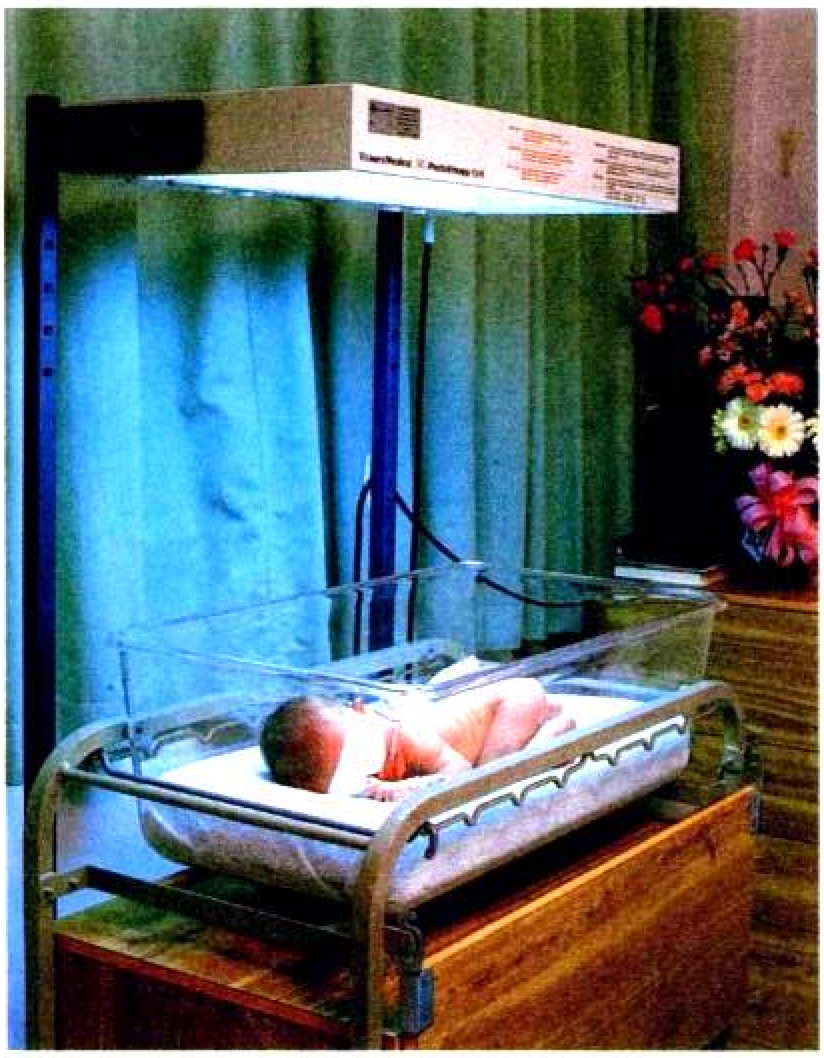
图 3-11
可见光是由不同波长的各种波组成的，每种波都有自身的颜色。当光线照射到泡沫时，因发生干涉现象而产生可见频谱中的某些颜色。

你能看见的电磁波是光，它只是电磁频谱中的一小部分。**可见光 (visible light)** 的波长比红外线短，频率则比红外线高。可见光中波长最长的是红色光。当波长减小、频率增大时，你能看到其他颜色的光。波长最短的可见光是紫色光。

你是否看到过天空的彩虹、五颜六色的泡沫或光线透过棱镜产生的七色光？我们知道，当光进入新介质，如水或玻璃时，会发生折射现象。波在折射后，不同波长的光发生折射的本领不同，这样光波就分离成各种颜色。按可见光频率的高低，分离出的颜色依次是红色、橙色、黄色、绿色、蓝色和紫色。多数可见光是由这些颜色的光混合而成的。

☑ **想一想** ***可见光频谱的各色光分别是什么？***

紫外线



波长比可见光短的电磁波叫做**紫外线 (ultraviolet ray)**，简写成 UV。Ultra- 是拉丁语前缀，意思为“之外”。因而紫外线意味着“在紫色之外”。紫外线频率比可见光高，能承载更多能量。由于紫外线能量高到足以杀死或杀伤活细胞，因此在医院和食品厂常用紫外线灯消毒灭菌。

少量紫外线对人体有益。紫外线使皮肤细胞变得健康，帮助骨骼和牙齿合成人体所需的维生素 D。紫外线灯常用于治疗因肝脏原因所致的新生儿黄疸。

图 3-12 紫外线用于治疗新生儿黄疸。图中，婴儿的眼睛蒙了起来，以免眼睛受到太多紫外光的照射而伤害。

阳光中的紫外线能灼伤你的皮肤。过多暴露在阳光下能导致皮肤癌并伤及眼睛。如果使用紫外线防晒霜和戴太阳镜，能降低紫外线对人体的伤害。

与生活科学的综合 尽管人类看不到紫外线，但许多昆虫却能看到。例如，蜜蜂有良好的颜色视觉。当然，人类所能看见的各种颜色昆虫不一定都能看见。蜜蜂能看到少量的低频红色波和较多的高频紫外波。人类看起来是同一种颜色的花，在蜜蜂看来则呈现出完全不同的颜色。含有花蜜的花朵与其他花朵在蜜蜂看来也是不同的，因此它能直接飞向有花蜜的花朵。

试一试

蜜蜂看花

活动

在照相机中装入一卷对紫外线感光的胶片，给各种花拍照，包括白色花和你看到有蜜蜂在采蜜的花。仔细观察所拍的照片。

观察 哪些内容是人眼不能看到，而蜜蜂却能看到的？这对蜜蜂有怎样的意义？

X 射线

X 射线（x-ray）是波长非常短的电磁波，频率比紫外线稍高一点，所以比紫外线能承载更多的能量和穿透更多的物体。质地密的物体，如骨骼或铅块，可吸收 X 射线，阻止它们通过。因为这个缘故，X 射线常用来为身体内的骨骼拍照。X 射线能透过皮肤和软组织，在 X 射线相片上成为黑色区域。吸收 X 射线的骨骼，则成为如图 3-13 所示相片中的较亮区域。

过多接触 X 射线能导致癌症。所以牙医在给病人拍 X 光片时，常要给病人穿上“铅衣”。铅能吸收 X 射线，可防止它们进入人体。

工业和工程中也使用 X 射线。例如，为检查钢筋混凝土结构中是否有小裂缝，工程师就给钢筋混凝土拍 X 光片。X 射线可透过人眼看不到的小裂缝，并在 X 光片上留下黑色区域。这种技术也常用于检查石油管道和天然气管道连接处是否存在缺陷。



图 3-13 X 射线可以穿过人体软组织，在照片的相应部位显示成黑色。吸收 X 射线的骨骼等组织，则显示出白色。

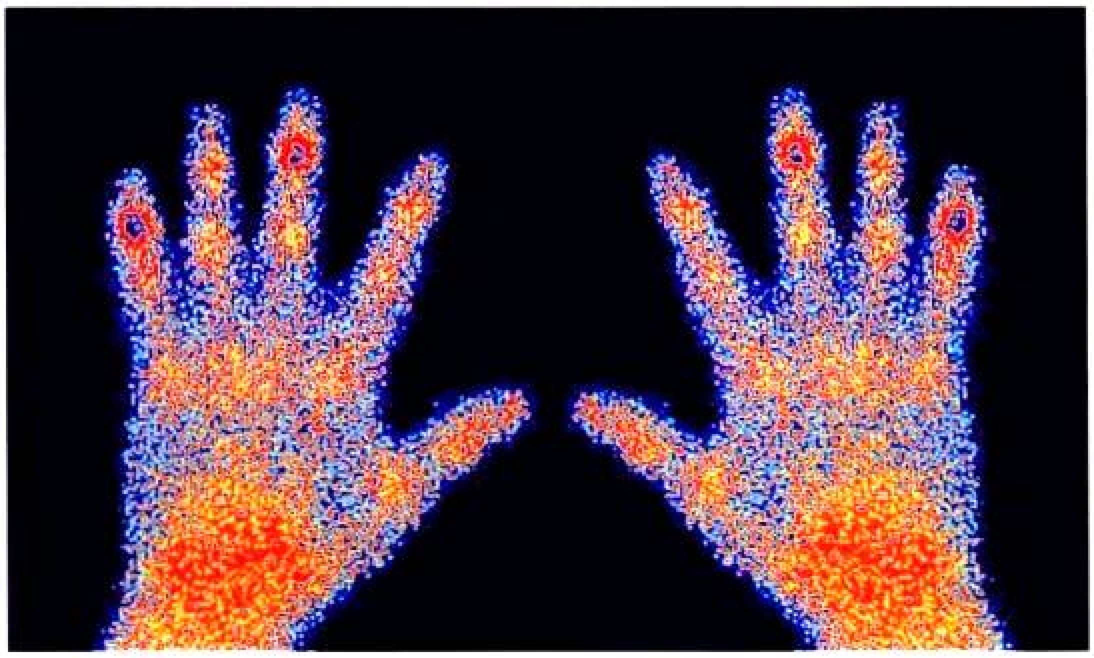


图 3-14 医生把放射性液体注射到人体内，用伽码射线探测仪对它进行跟踪，从而得到供医生诊断人体内部状况的图片。

伽码射线

伽码射线(gamma ray) 是电磁频谱中波长最短、频率最小的电磁波。因为可以承载的能量最多，所以伽码射线在所有电磁波中穿透能力最强。

一些放射性物质和核反应都能产生伽码射线。由于穿透能力很强，伽码射线会对人体造成严重的伤害。但是，在严格控制的条件下，伽码射线在医疗上的使用是安全的。例如伽码射线用于放射治疗，能杀死癌细胞，而对人体的伤害较少。伽码射线也用于检查人体内部状况。使用时，先向病人体内注射一种能放射伽码射线的液体，然后用伽码射线探测仪跟踪，就可以产生显示患者人体内部情况的图像。

与空间科学的综合 遥远的太空中，一些物体释放出的伽码射线经过亿万年的传播到达地球。地球的大气层可以阻挡大部分的这些射线，因此探测它们的伽码射线望远镜必须运行在位于地球大气层之外的轨道上。天文学家认为，伽码射线是遥远星系中那些濒临死亡的星体相互碰撞产生的。地球上进行核武器试验时，也向大气中释放强烈的伽码射线，这些射线都能被伽码射线望远镜探测到。

第二节复习

1. 所有的电磁波哪些方面相似，哪些方面不同？
2. 按照频率增大的顺序，写出组成电磁频谱的各种波。列举每种波的一个用途。
3. 说明无线电波是如何用于测定运动物体的速度的。
4. X射线有哪些用途？其有哪些危害？
5. **理性思维 应用概念** 电磁波波长减小时，频率如何变化，能量如何变化？

课题 3

检查进度

列出你想调查的所有问题。可以从类别来考虑，包括现在使用的有哪些通信器材，它们使用的频率，在什么时候以及什么地方使用，使用的目的等。人们是因为个人原因还是商务原因使用这些器材？

提示： 为了使你的问卷调查易于完成，你所提的问题应该只需简短的话就能回答。

把调查问卷发给你的同班同学和学校的其他同学，请他们的家人和邻居来回答。

食物辐射保鲜

有时，食物在到达你的餐桌时已经历了很长的旅途，而人们必须保证所吃食物的新鲜和卫生。吃不卫生的食物是人类致病的常见原因。在美国，每年有数百万人因吃了受污染或变质的食物而生病。

食物保鲜、防止食物变质的一个常用方法是食物辐射，即用伽玛射线照射新鲜或冷冻的食物。这种辐射可以杀死食物中致病的微生物，也有助于食物保鲜更长时间。一般来说，每辐射5分钟可使草莓多保鲜9～10天。

一些人担心辐射过的食物吃了会有危险。目前，包括美国在内的40多个国家允许使用食物辐射，另有一些国家则禁止。辐射食物安全吗？



论题

辐射会破坏食物的营养吗？ 辐射在杀死食物中的细菌的同时，也使食物本身发生了化学变化。这可能会破坏食物的部分营养，如维生素A、维生素B_1、维生素E和维生素K，经辐射后要损失10%以上。不过，保护和存储食物的其他方法，如水果与蔬菜冷冻和罐装也会导致营养的少许损失，烹饪食物也会损失一些维生素。

辐射会改变食物成分吗？ 辐射后的食物不会具有放射性，但辐射可能改变一些食物的分子结构，产生苯和甲醇一类的化学物质。少量的苯和甲醇对人体影响不大，但大量的这类物质对人体却是有害的。支持食物辐射的人说，食物的自然变化也会产生这些物质。而持反对意见的人则说，在没有研究证实前，不应开展食物辐射。研究者应该弄清楚，长期吃辐射食物的人是否更可能生癌或其他疾病。一些专家研究后认为，短时间辐射的食物是安全的。一些替代辐射的方法，如喷洒杀虫剂，显然危害更大。

辐射食物使人们不再注意食物安全了吗？ 在美国，所有辐射过的食物必须加以标识。但是，如果人们在准备食物前不注意洗手，辐射食物仍会被污染。所允许的辐射量不足以杀死所有有害物质时，仍然有必要在食用之前适当地烹饪这些食品，特别是肉和蛋。一些食品专家担心，辐射会让人产生食品完全安全的错觉，而对食用前的必要准备掉以轻心。

你的决定

1. 识别问题

用你自己的话说明食物辐射会发生什么问题。

2. 分析选择

列出支持的原因和反对的原因：

(a)要求一切食物都应经过辐射处理；(b)允许但不一定非要食物辐射；(c)禁止食物辐射。

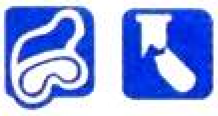
3. 找出结论

超市里有属于同一食品的两个产品，一种是辐射过的，另一种不是，价格相同。你买哪一种？说明为什么。

SECTION 3 产生可见光

探 索 **活 动**

灯具有什么不同

1.  教师将给你一只白炽灯和一只荧光灯。
2. 仔细检查这两种灯具，其形状、大小如何？描述两种灯具之间的不同之处。画出这两种灯具，记下你所观察到的现象。
3. 你认为这两种灯具是如何发光的？

思考

推论 列出有助于你理解每种灯具如何工作的5个问题。

阅读指南

- 灯具有哪些类型？
- 白炽灯可发出什么颜色的光？

阅读提示 阅读时，比较和对比光产生的不同方式。

环视整个房间，你能看到房内的所有物体，因为他们能反射光线。但如果没有光源，你就看不到任何物体了。由于反射光才能被看到的物体是**受光体 (illuminated)**。光照亮书本，你才能阅读。自身发光的物体是**发光体 (illuminous)**。灯泡、燃烧的火柴和太阳都是发光体。

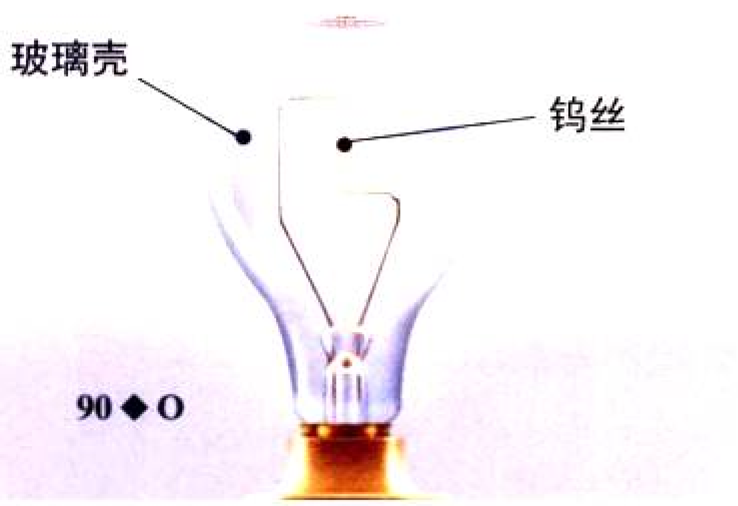
照明灯有许多不同类型。**常见的有白炽灯、荧光灯、氖光灯(霓虹灯)、钠蒸气灯和卤化钨灯泡。**有的灯能产生波长连续分布的频谱，另一些灯只产生几种波长的光。你可以用一种叫做**分光镜 (spectroscope)** 的仪器查看每类灯具能发出什么颜色的光。

白炽灯

你听说过“红热”一词吗？有些物体在加热到一定温度时，可发出暗红色的光线。如果物体的温度再高，它发的光就变成白色。这时我们就说物体已“白热化”了。当白炽灯内的灯丝变热时，**白炽灯 (incandescent light)** 就发光了。

仔细观察一个未通电的白炽灯泡，你会看到灯泡里面有称为灯丝的细线卷。灯丝由金属钨制成。当电流通过时，钨丝变热；灯丝热到一定程度时，就发出低频率的红色光；当灯丝更热时，可发出更高频率的光；一旦灯丝热到可发出紫色线时，所有频率的光线组合起来就产生白色光。**白炽灯能发出所有颜色的可见光：红色、橙色、黄色、绿色、蓝色和紫色。**

图3-15 电流通过钨丝时，白炽灯泡发光。
推论 *为什么白炽灯泡变得如此热？*



美国发明家爱迪生因为在1879年发明了耐用白炽灯泡而享誉世界。爱迪生发现，如果电流通过电线，电线将变热发光。通过试验不同的灯丝材料，爱迪生发明了一种能长时间发光的灯泡。

白炽灯泡发光的效率并不高，只有不到10%的能量变成光线。它所产生的绝大部分能量转变成红外线浪费了。所以白炽灯泡照明一段时间后，灯泡会变热发烫。

荧光灯

你是否注意过商店或办公室里的长圆形灯具？它们是**荧光灯 (fluorescent light)**，也叫日光灯。一般学校里都有这种灯。荧光灯的玻璃管里装进了一种气体，内层还涂有一种粉末。

电流通过荧光灯时，可使气体发出紫外线。当紫外线撞击涂在灯管内表面的粉末时，便产生可见光。这个过程叫做荧光化。

与白炽灯不同，荧光灯放出的能量大部分转变为光。荧光灯通常比白炽灯泡更耐用、更省电，所以使用起来更廉价。

想一想 ***为什么使用荧光灯比使用白炽灯泡更经济？***

增进技能

观察

活动

用分光镜观察不同光源发出的光线。

注意： 不要用分光镜看太阳。

1. 通过分光镜看白炽灯光。用彩色铅笔画出和标出分光镜里出现的颜色光谱带。
2. 通过分光镜看荧光灯光，画出和标出你所看到的情景。

两条光谱带有哪些相同之处？有哪些不同之处？解释产生差异的原因。



图3-16 荧光灯高效价廉，常用于办公室、商店和学校。



图 3-17 氖光灯用于广告灯箱和装潢。

应用概念 为什么氖光灯颜色如此丰富多彩?

氖光灯(霓虹灯)

有些气体通电时可产生光。例如，当电流通过氖气时，气体粒子吸收能量，但气体粒子不能长久持有这些能量，最后能量就以光的形式释放了出来。这个过程叫做气体放电。利用这一原理制成的灯具叫**氖光灯(neon light)**。它是由充满氖气的密封玻璃管组成的。

纯氖气放出红色光。通常所谓的氖光灯中的气体是氖气和其他气体的混合物。不同气体产生不同颜色的光。例如，氩气和汞气产生浅绿色的蓝光、氦气发出金色的黄光、氪气发出淡淡的紫色光。有时这些气体也被充入到有色玻璃管中，用来产生特定颜色的光。氖光灯一般用在需要明亮、显眼的地方。

钠蒸气灯

钠蒸气灯(sodium vapor light)中含有少量固体钠以及氖气和氩气。当氖气和氩气被加热时，它们开始发光。发出的光加热钠，使钠由固体变为气体。钠蒸气分子放出黄色光。

钠蒸气灯常用于街道照明，因为它耗能非常少而产生的光多，因而非常经济实用。

图 3-18 钠蒸气灯发出黄色光。钠蒸气灯常用于街道和停车场照明。



卤化钨灯



图3-19　卤化钨灯泡中装有钨丝和卤素气体。即使小灯泡也能产生非常明亮的光线。

卤化钨灯(tungsten-halogen light)有点类似于白炽灯。灯泡内有钨丝，并装进了一种卤素气体。当电流通过钨丝时，钨丝变热并发光，卤素气体则使钨丝发出的白色光更明亮。

卤化钨灯因能通过小灯泡提供明亮的照明且用电相对较省而得到了广泛的应用。常用于天花板上的投影灯和地灯。由于卤化钨灯发光时会变得非常热，因此必须远离易燃物体，如纸张和窗帘。

生物荧光



图3-20　水母通过生物荧光的方式发光。

你看到过萤火虫吗？在炎热的夏夜，飞行中的萤火虫不断闪烁着它们特有的“灯”来吸引配偶。萤火虫是有机体通过一种叫做生物荧光的过程来发光的典型例子。**生物荧光(bioluminescence)**是有机体中蛋白质和氧发生化学反应的结果。化学反应产生的能量以光的形式释放，不像灯具以红外线的方式释放大部分能量，产生生物荧光的化学反应以光的形式释放几乎所有的能量。

海洋中也存在生物荧光有机体。某些种类的水母在受到威胁时就会发光。在阳光不可及的深海，生物荧光是惟一的光源。一些深海鱼类还利用生物荧光来寻找食物或吸引配偶。

第三节复习

1. 常见照明设备有哪五种类型？
2. 白炽灯泡是如何工作的？
3. 比较发光体与受光体，每种各举两例。
4. 为什么荧光灯常用于企业和学校？
5. **理性思维　做出判断**　想一想你家里的每个房间最好用哪种类型的灯？说明理由。

身边的科学

邀请家人一起去灯具店。要求营业员描述你所看中的不同种类的灯具。阅读每种灯具包装盒侧面的文字，请营业员解释你不理解的每个词，同时看一下灯具的价格和使用寿命。你如何利用这些信息为家庭挑选既经济又实用的灯具？

比较灯具

在这个实验中，你要设计实验方案来比较不同灯具的发光原理。

问题

哪种灯具具有最好的照明效果?

重要技能

设计实验　控制变量　计算和得出结论

器材（每组）

相同接口的各种白炽灯
中等大小的纸板盒
插座或灯台(没有阴影)
米尺　蜡纸
剪刀　普通纸

实验步骤

1. 按照下面的说明，制作灯盒。灯盒能用来检测每种灯泡提供的照明。
2. 与同学一起，检查不同的灯泡。每种灯泡是多少能量(瓦)、多少光输出(流明)、使用寿命(小时)? 猜测哪个灯泡是最亮的，说明原因。
3. 如何验证你的猜测?
   - ◆ 你准备用哪种类型的白炽灯泡?
   - ◆ 你准备保持哪些参数不变? 改变哪些参数?
4. 像右页所示的那样，做一个记录数据的数据表。
5. 重温你的计划。你的步骤有助于你找到问题的答案吗?

灯盒的制作与使用

1. 找一个中等大小的纸板盒，如果盒子有盖，把盖子剪掉。
2. 在盒子底部小心地剪出一个观察窗(长宽大约分别为2厘米和4厘米)。实验时，这个口子用来观察。把这个观察窗记为A。
3. 在盒子侧面另开一个观察窗(长宽大约都为1厘米)。把这个观察窗记为B。它作为光线进入盒子的通道。
4. 为减少进入盒子的光线数量，在观察窗B上覆盖两层蜡纸。
5. 在距观察窗B约1米处放置一个灯泡。
6. 让同伴背对着你在一张普通纸上写一个字母，你不知道他写的是什么字母。把纸放在桌上，用灯盒盖住写有字母的纸。观察窗A的窗口向上。
7. 通过观察窗A观看。
8. 打开灯并把灯移向灯盒，直到你看清盒内纸上的字母为止。测量灯泡和观察窗B之间的距离。

数据表

灯泡编号	品牌名称	功率/瓦	光输出/流明	耐用时间/小时	价格/元	灯泡与灯盒之间的距离/厘米

9. 请教师检查你的实验方案。

10. 换上第二种灯泡，重复上述步骤前。再回顾一下各个步骤，想想能否加以改进，以提高实验结果的精确度？

11. 测试其他灯泡的照明度。

12. 每个灯泡重复第3~8步。

分析与结果

1. 观察 灯泡与观察窗B之间的距离对你看清字母有何影响？

2. 推论 根据你的观察，你能推断每种灯泡可提供的照明度吗？哪一个灯泡最亮？

3. 解释数据 如何比较你的实验结果与你的预测？如果你的预测与实验结果有差异，你认为原因是什么，从中你又学到了什么？

4. 解释数据 影响灯泡照明度的因素有哪些？

5. 得出结论 根据你的实验结果，你认为最贵的灯泡是最好的吗？

6. 交流信息 运用你在本实验中学到的知识，为最好的灯泡写一个广告。说明为什么说它是最好的。

设计实验

有一家灯具公司宣称，他们生产的一种11瓦的荧光灯比一盏75瓦的普通灯泡发出的光还要多。设计一个实验来检验这一声明。在实施你的实验之前，先征得老师的同意。

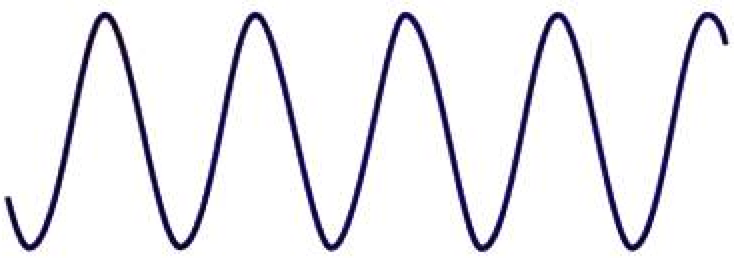


SECTION 4 无线通信

探索 活动

怎样改变无线电波

1. 把波形图描在一张描图纸上，再把波形图贴到取自气球或橡胶手套的一块平直橡胶薄片上。
2. 水平拉伸橡胶片，拉长后的波形与描图纸上的波形有何不同？
3. 垂直拉伸橡胶片，拉宽后的波形与描图纸上的波形有何不同？与水平拉伸后的波形有何不同？



思考

制作模型 *朝什么方向的拉伸改变波的振幅？朝什么方向的拉伸改变波的频率？*

阅读指南

- 无线电波是如何传递信息的？
- 移动电话和传呼机是如何运用电磁波的？

阅读提示 阅读前，预习本节的图表和标题。写下你不熟悉的词，阅读时记下这些词的定义。

技术的最新进展已经使世界变成了地球村。今天，只要几秒钟你就可以与世界各地的任何人交流。借助电视，你可以观看正在进行的欧洲足球赛或来自中东的新闻报道。自从科学家发现电磁波能够承载信息后，以光速传递通信信号就变成了现实。

收音机和电视

你喜爱的广播和电视节目是如何传递给你的呢？广播和电视节目都是通过无线电波传播的。电台和电视台通过发射天线内的带电粒子的前后运动产生无线电波，并将这些电波向四面八方发射出去。最后，携带电台或电视台节目信息的无线电波被你的收音机或电视机上的天线接收到，你就可以听到广播节目或看到电视了。不过，不要被来自收音机的声音所迷惑，实际上，是你的收音机把电波信号转换为声波的。

有许多不同的电台和电视台都在同时发送电波信号，那么，我们怎样才能收到每个电台播出的清晰节目呢？很简单，只要旋转收音机的调谐器，你就能收听不同的电台，见图3-21。收音机上显示的数字代表以**千赫兹(kHz)**或**兆赫兹(MHz)**为单位的不同电台发射的频率。



图 3-21 收音机上的刻度显示FM和AM频率段。每个电台被分配一个不同的载波频率。

记住1赫兹为1秒振动1次。如果某物体1秒振动1000次，它的频率就是1000赫兹或1千赫兹(kHz)(前缀kilo-意味着“1000”)。相应地，1秒振动1000000次，频率就是1000000赫，或1兆赫兹(MHz)(前缀mega-意味着“1000000”)。

世界各国都设置了通信委员会，负责为不同的用途分配不同的无线电波频率。广播电台、电视台以及出租车和警察使用的对讲机都有各自专用的电磁波频率。按照这种方式，无线电波的所有频谱被分成了用于不同用途的各种波段。

每个广播电台或电视台都分得一个叫做载波频率的基本发射频率。这样，各个电台因使用不同的发射频率而得以相互区别。广播电台一般用两个主要频率段波AM和FM来发射节目。

AM 无线电波 AM指的是振幅调制，即**调幅(amplitude modulation)**。调幅广播时，电波的频率不变。演讲和音乐类的声音信息被编码成振幅变化的电波。**音乐和演讲的声音在广播电台被转换成电子信号，再由电子信号转换为振幅变化的无线电波发射出去。**

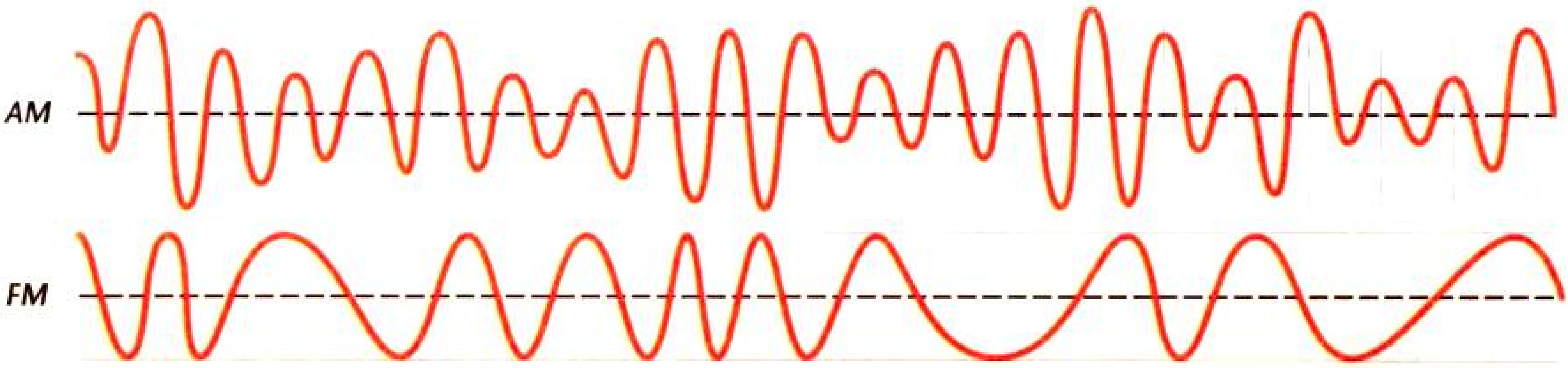


图3-22 声音信号通过振幅(AM)变化或频率(FM)变化的无线电波传送。

图解 *在AM电波中，什么因素保持不变？在FM电波中，又是什么因素保持不变？*

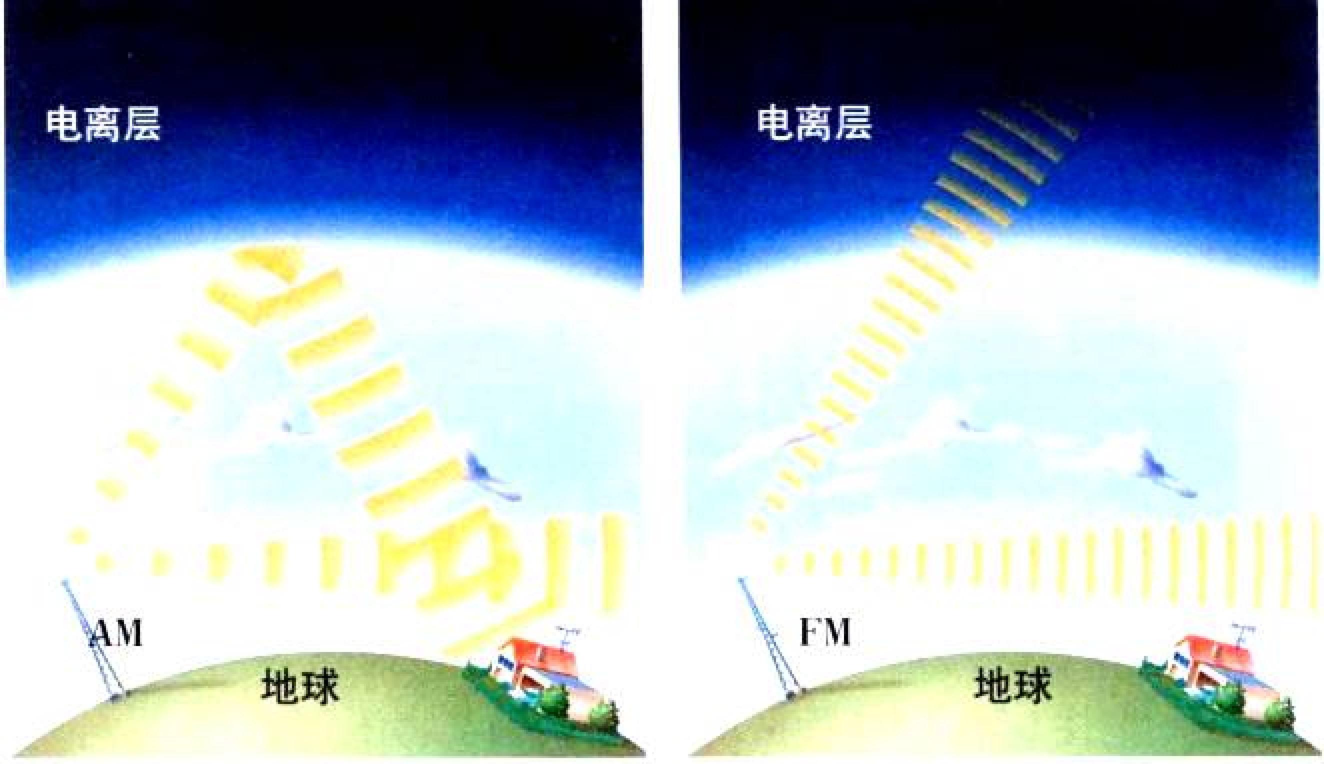


图3-23 AM无线电波被电离层反射。FM 无线电波可穿过电离层。
应用概念 *哪种类型的广播有较长的波段范围?*

你的收音机接收到无线电波后，就把编码信息转换回电子信号。电子信号传送到收音机的扩音器后，在喇叭中放出声波。

广播电台使用的 AM 频率在 535 千赫 ~ 1605 千赫。这些无线电波每秒振动的次数在 535 千次 ~ 1605 千次之间。

AM 电波有相对较长的波长，容易被电离层反射。电离层是大气中的一个存在带电粒子的气体层。图 3-23 显示了电离层是如何使 AM 电波发生折射返回地球表面的。这也就是为什么AM广播电台能够传播较长的距离，尤其是电离层对无线电波吸收减少的晚上，电波传播得更远的原因所在。但是，有时收音机收到的 AM 电波不是非常清楚。因此，AM广播电台常常以谈话节目为主，音乐节目则较少。

FM 无线电波 FM 指频率调制，即**调频 (frequency modulation)**。FM广播时，电波的振幅不变。**FM 信号通过电波频率的变化而传播。**

看收音机上的FM刻度，你会发现其频率范围从88百万赫兹 ~ 108 百万赫兹。FM广播电台的频率比 AM 广播电台的几千赫兹频率要高得多。

由于FM电波频率比AM电波的频率高，所以能比AM电波承载更多的能量。FM 电波不会被大气层反射，可以穿透大气层传播。因此，FM电波能够传送的距离不如AM电波远。如果你在驾车长途旅行时听收音机，可能接收不到原来正在收听的节目，而不得不经常转换频道。收听FM广播节目通常比AM广播节目更清楚，因而声音的质量也较好。因为这个原因，调频电波一般用于传播音乐节目。

试一试

产生电磁波干涉 活动

探索哪些设备产生无线电波。

1. 打开电视机，调低音量，观察荧屏上的图像。

   注意：只接天线，与有线电缆断开。
2. 在电视机附近的电源插头上插一个电子干扰器或一个吹风机，打开电器开关。电视机图像发生了什么变化?
3. 改变干扰器或吹风机的速度，电视机图像发生了什么变化?

总结 对于电子干扰器或吹风机所起的作用，你能得出什么结论？为什么?

电视 有时，电磁波除了需要承载声音信号外，还要承载图像信号，这就是电视波。不过，电视的基本原理与无线广播是相似的。电视波频率有两个主要波段：**甚高频(VHF)**和**超高频(UHF)**。甚高频电视频率从54兆赫～216兆赫，对应的电视机频道从2～13。这个频段包括某些FM广播频率，因此电视台被禁止使用预留给广播电台的某些频率。超高频电视频率从470兆赫～806兆赫，对应的电视机频道是14～69。

由于天气会影响电视信号的接收效果，为提高图像质量，有线电视公司应运而生。有线电视公司接收信号后，对信号进行增强处理，然后再通过进入家庭的电缆传送至用户。有线电视比无线电视的质量要高得多，而且可以接收的电视频道也大大增加。现在，中国城市中的大多数家庭都使用了有线电视接收电视节目。

想一想 *VHF和UHF分别表示什么含义？*

移动电话

今天，移动电话已经非常普及。**移动电话是一种通过传递和接收高频无线电波或微波信号进行信息交流的通信工具**。移动通信公司根据地域划分成许多小“蜂窝”。每个“蜂窝”有自己的发射器和接收器，相邻的“蜂窝”分配有一定频率，但不相邻的“蜂窝”可以使用相同的频率。由于移动电话信号强度只能覆盖附近的几个“蜂窝”，不能传播更远距离，因此，许多不同区域的电话能同时使用相同的频率而不相互影响。

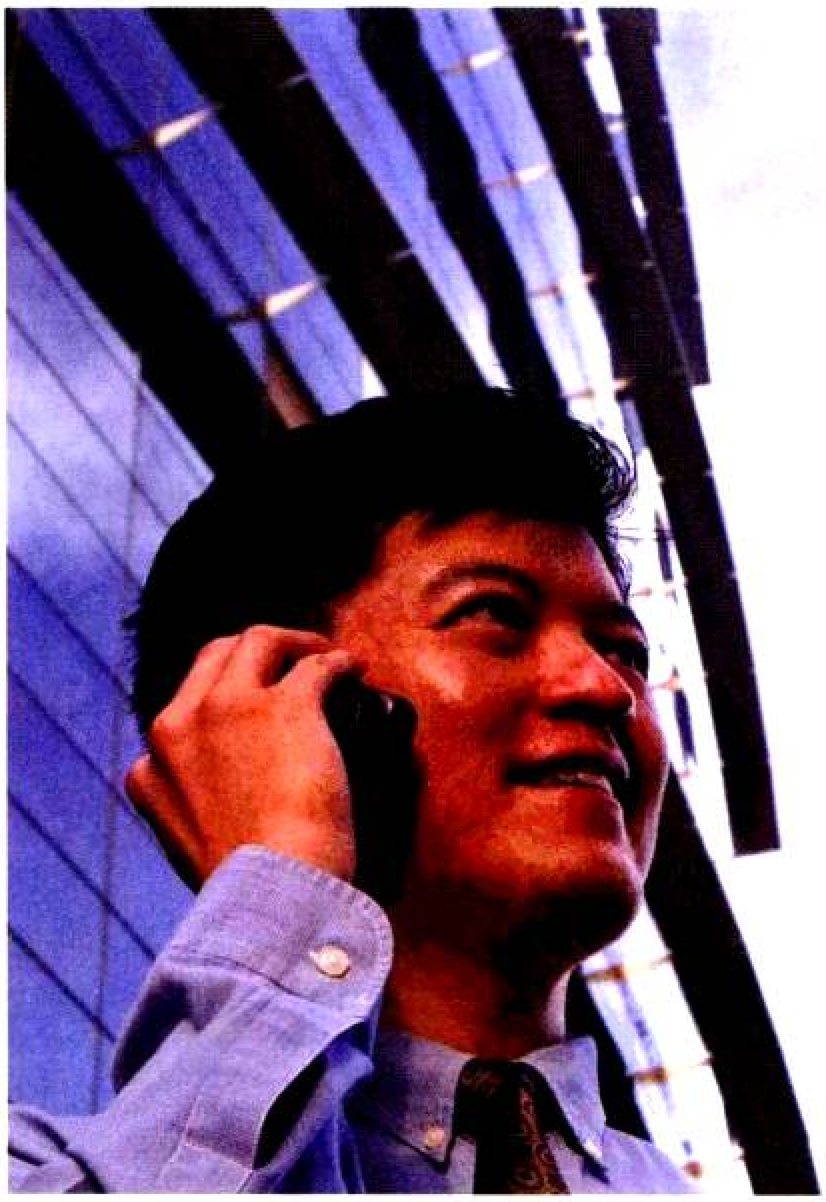


图3-24 移动电话传递和接收短距离传送的无线电波。

当移动电话用户从一个“蜂窝”移动至另一个“蜂窝”时，从一个“蜂窝”传递至另一个“蜂窝”的信号效果就会降低。如果你超出了一个移动电话公司的区域而进入另一个移动电话公司的区域时，新的移动电话公司将负责你在这个区域的通信服务，这样你仍能像在老地方一样使用移动电话。

使用移动电话比使用有线电话的费用高。但是，由于移动电话使用太方便，因此，人们仍然乐于承担增加的这些费用。移动电话正成为现代人们生活不可缺少的日用品。

无绳电话

无绳电话不属于移动电话，它应该算是普通电话的一种。与后者一样，无绳电话也和电话系统连接在一起，惟一的区别是电话听筒与电话基座之间没有电线相连。无绳电话通过电话基座发出的无线电波进行通信，因此，即使你离开电话基座一定距离，仍可以通过听筒接拨电话。

传呼机

传呼机是可以装在口袋里或系在腰上的小型电子

科学与历史

无线通信

从 19 世纪末期开始发展的通信技术，已经把世界变成了地球村。



1895 年

首次无线传送

意大利工程师和发明家马可尼成功地用无线电波把一个编码的无线信号传送到了 2 千米外。

1923 年

舰船通信

一艘船上的人第一次能与另外一只船上的人相互通话。信号通过电波传送，通过天线把信号接收下来，再转换成声音。

1900 **1920**

1888 年

电磁波

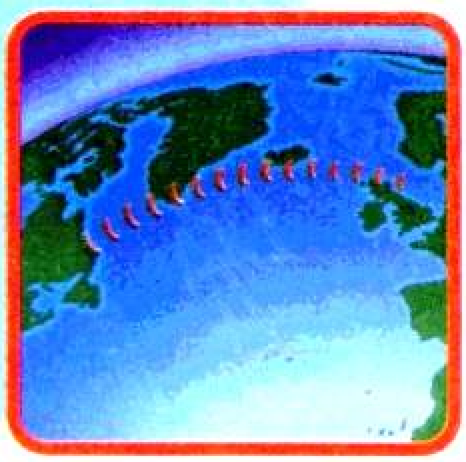
德国科学家赫兹证实了麦克斯韦关于存在电磁波的预言。赫兹证实电磁波可以像光线一样发生反射、折射、衍射和偏振。



1901 年

跨越大西洋的第一个信号

12月12日，跨越大西洋的无线电信号从英格兰的康沃尔镇浦尔度角发送到纽芬兰加拿大的赛葛诺山。经过编码的电磁波被传送了3000多千米。



通信设备。要传呼某人，你必须先拨打传呼台的电话，告诉接线员你需要联系的人的传呼号码，由接线员发信息给他。只要对方有传呼机，你就可以随时联系到你想与之联系的人。有些传呼机具有留言功能。这样，不用通话，你也能知道别人想告诉你的那些信息。

当你给一个传呼机留言时，留言信息首先被传送到传呼台。信息在传呼台编码后以电磁波的方式**发送到相应的传呼机上。**传呼机发出声音或振动，提醒传呼机主人有信息到达。

阅读 DIY

在当地或学校图书馆，查找关于马可尼的资料。设想你是他的助手，然后以这个身份给你的朋友写封信介绍你的新工作。



1963 年

同步轨道

通信卫星被发射到大约 35 000 千米高的轨道上。在这个高度，卫星绕地球运行的周期与地球自转的周期严格同步。当地球转动时，位于赤道上方的同步卫星好像固定在地球上空某个位置上。

1940　　1960　　1980



1957 年

人造卫星 1 号

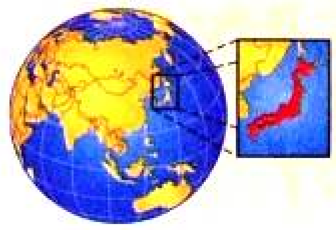
10 月 4 日，苏联成为成功发射人造卫星进入轨道的第一个国家。这一事件开创了通信的新时代。此后，5000 多个人造卫星陆续被发射到各种轨道上。



1979 年

移动电话网络

世界上第一个蜂窝状移动电话网络在日本建成，它使人们能够在没有有线电话的条件下能够接拨电话。



通信卫星

随着卫星技术的发展，长距离通信变得越来越快捷和廉价。通信卫星类似于移动电话系统的接收器和发射器。绕地球运行的卫星接收无线电波、电视和电话信号，然后把它们传送到世界各地。从地球上发送到卫星的无线电波，由卫星转播给地球上的其他接收站。大多数卫星在向地球发送信号前先要增强信号的强度。通信卫星能够同时转播几种信号。

由于一个卫星在给定的时间只能"看"到地球的一部分，所以，要同时向世界各地传播同一种信号，必须在轨道上设置多个卫星。卫星之间也通过电波互相连接，以保证信号能在任何时间同时被传送到地球的各个角落。

卫星电话系统 近年来，电话用户数量增长很快，以致于电话公司不得不发展新的传送电磁波的手段以满足用户的需要。一些公司发展了卫星电话系统。这种电话的原理是，无线电波在发射到大气层后被某个通信卫星接收，然后由卫星传送回地球。卫星电话系统使远距离通话变得更容易，也更廉价。





图 3-25 通信卫星是沿地球轨道飞行的遥控飞船。由于电磁波是直线传播的，电波不能沿着地球弯曲的表面直接到达另一地点。卫星接收来自地球的信号，然后把这些信号传送到电磁波无法直接到达的地球上的其他地点。

电视卫星 电视网络把它们发射的电视信号通过通信卫星传送到全国各地。这些电视信号是按调频形式发送的。

一些宾馆安装天线直接从卫星接收信号。因为这种天线的形状像一只菜碟，所以称为碟形卫星天线*。老式碟形卫星天线非常大。随着来自卫星的信号的不断增强，现在接收信号的碟形卫星天线已经小了许多。也就是说现代卫星的功率更大了。

全球定位系统 全球**定位系统(GPS)**最初是为美国军队设计的。现在，成千上万的公民也在日常生活中使用这个系统。全球定位系统同时使用24个通信卫星。GPS卫星将无线电信号传送到地球。这些信号中含有某个目标在地球表面甚至空中的确切位置的信息。地球上凡有GPS接收器的任何人都能接收到这些信号。

今天，GPS接收器在飞机、船只以及轿车中得到越来越广泛的应用。在有些轿车里，你可以把你的目的地输入计算机中，然后利用GPS系统指挥汽车的行驶。轿车内的电脑甚至可以发出声音告诉并指挥驾驶员什么时候右转，什么时候左转。

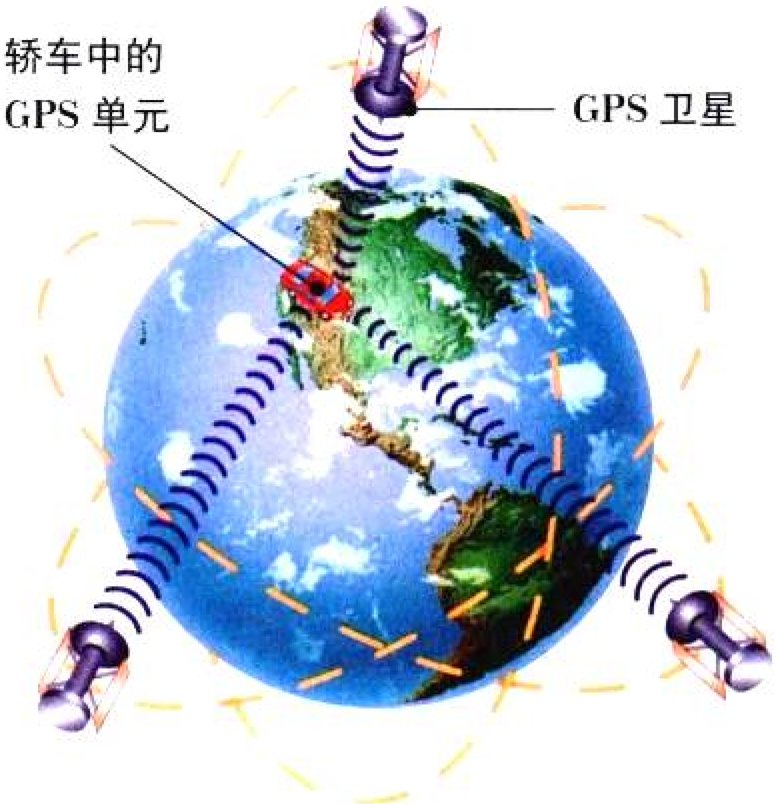


图3-26 全球定位系统(GPS)由24个卫星组成，每个卫星都运行在各自的轨道上。轿车、船只和飞机中的接收器利用来自至少3个卫星的信号确定自己在地球上的确切位置。

*译者注：国内规定，家庭不能私自安装卫星天线。

第四节复习

1. 描述广播电台中演讲或音乐一类声音是如何转换为无线电波的？
2. AM无线电广播和FM无线电广播之间有什么不同？
3. 移动电话系统是如何工作的？
4. 卫星如何转播无线电和电视信号？
5. **理性思维** **预测** 如果无线电委员会不对无线电波频率的使用进行管理，你认为会发生什么后果？

课题 3

检查进度

收集你的调查问卷并加以整理。在分析数据时，要寻找一个相关的模型。可以用条形图或饼形图来说明你的发现，包括调查问卷中所涉及的有关费用、时间及其他信息。写一篇短文说明你的结论。

生活实验室

动手做

组装收音机

最初的收音机叫二极管收音机，是20世纪纪初发明的。那时，人们常常自己组装收音机，接收当地广播电台的节目。在这个实验中，你也要组装一台二极管收音机并掌握它的工作原理。

问题

怎样组装一个设备来收集和转换无线电信号？

重要技能

测量　观察　解决问题　得出结论

器材（每组）

硬纸筒

3段绝缘线(1段大约30米长，另外2段大约30厘米长)

缠线轴或砂纸

2个弹簧夹

剪刀

铝箔

2片硬纸板(尺寸约长12.5厘米，宽20厘米)

胶带

晶体二极管

耳机

2段用来制作天线的绝缘铜线，1段约30米长，另1段约0.5米长。

实验步骤

第1部分　绕制收音机芯

注意：绝缘线的末端需要除去绝缘层，露出金属丝。可以用剪刀剪去或用砂纸打磨。

1. 小心地在硬纸筒两端各打出相距2.5厘米的两个洞。洞的大小足以使绝缘线穿过。
2. 将30米长的绝缘线穿过一组洞，外面留出50厘米长的线，在末端夹上弹簧夹1，如图1所示。
3. 把绝缘线紧紧地绕在硬纸筒上，注意绝缘线必须紧紧地靠在一起，且彼此不相互重叠。
4. 一直把线绕至硬纸筒的另一端。使绝缘线穿过硬纸筒另一端的两个洞。和第一次一样，留出50厘米长的线。在线的末端夹上弹簧夹2，如图2所示。

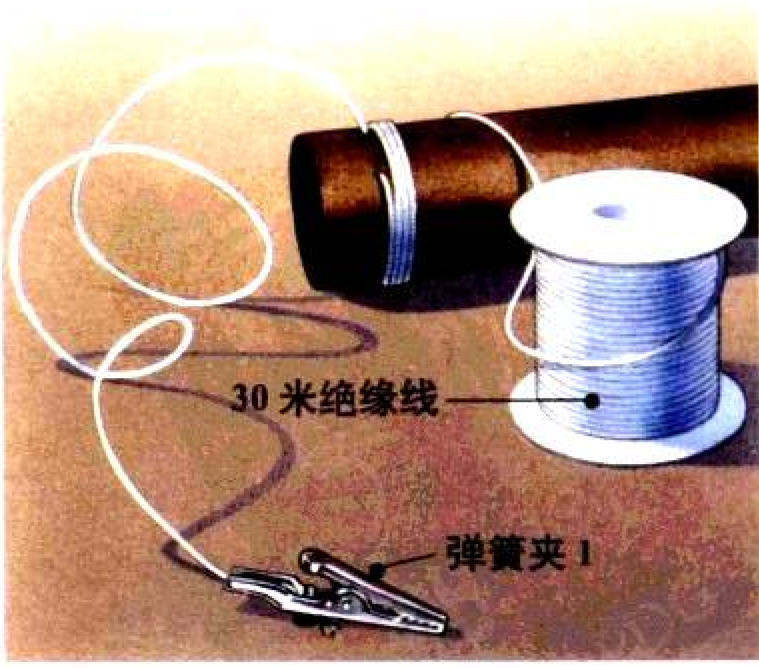


图1　绕制收音机芯



图 2 绕好的收音机芯

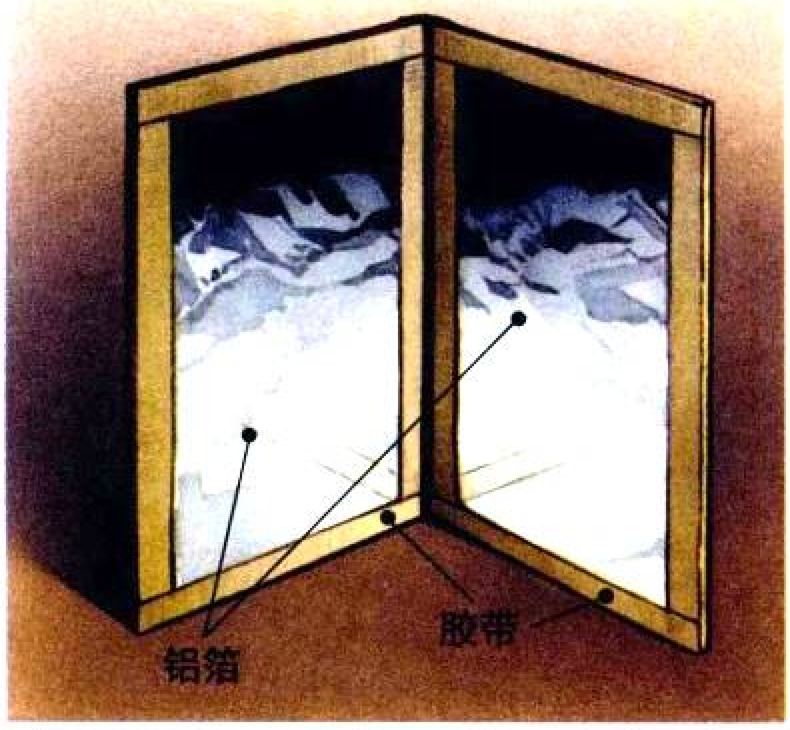


图 3 调频盘

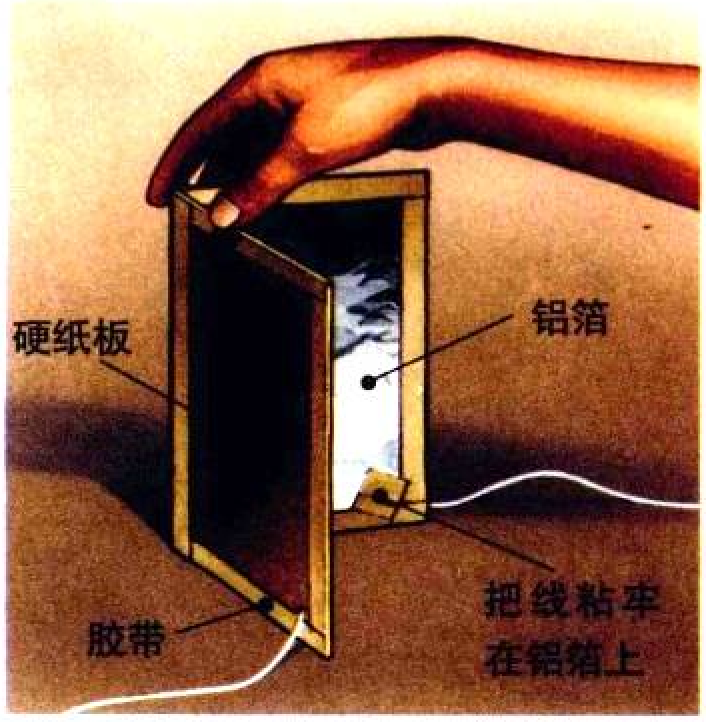


图 4 连接调频盘

第 2 部分 做调频盘

5. 保持铝箔平整。在每张硬纸板上覆盖一层铝箔。剪掉多余部分，用胶带固定好。
6. 使覆盖有铝箔的一面相互正对，固定好两块硬纸板。用胶带纸粘好使之形成一个合页。注意铝箔面只能相互靠近但不能相互接触，见图3。
7. 在硬纸板和铝箔一边的角上打一个小孔。用一段短绝缘线穿过小孔，并把绝缘线头粘牢在铝箔上。用另一个硬纸板和铝箔再做一个，见图4。
8. 把一段短绝缘线的末端连接到弹簧夹1上，另一段短绝缘线的末端连接到弹簧夹2上。

第 3 部分 准备耳机

9. 小心地拿着晶体二极管，把晶体二极管的一个接头与弹簧夹1相连。晶体二极管箭头应该指向耳机。用胶带把晶体二极管的另一个接头与一根耳机线相连。
10. 把耳机的另一根线与弹簧夹2相连，如图 5。

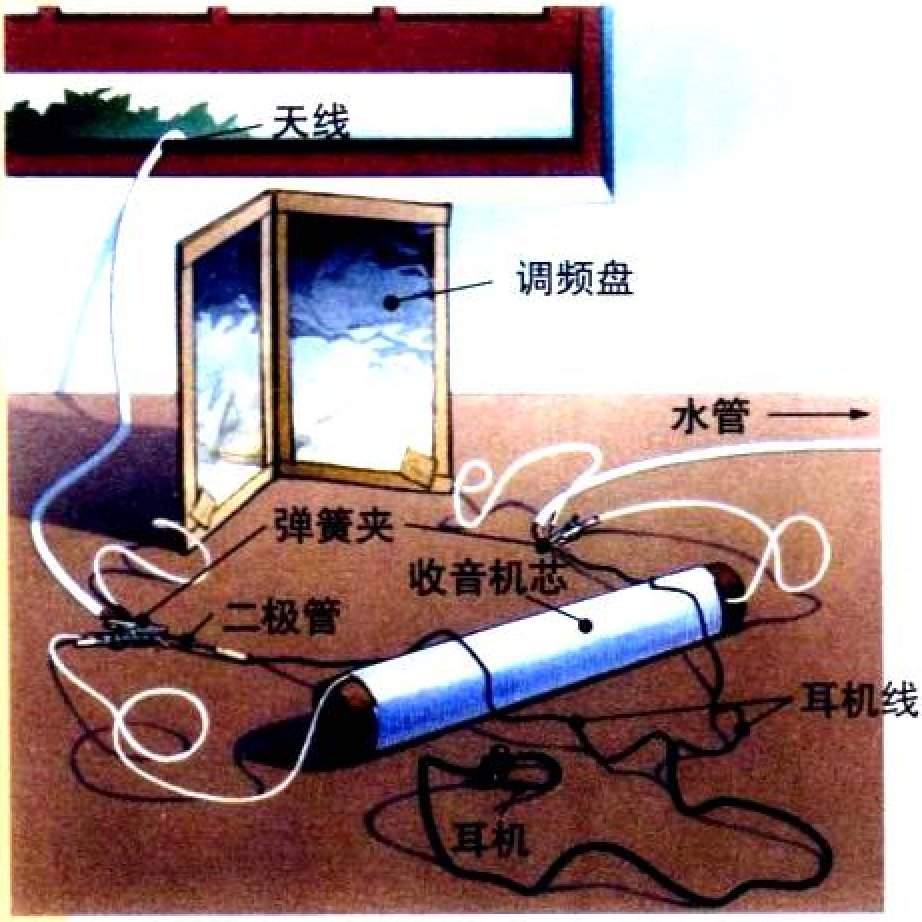


图 5 完成的收音机

第 4 部分 架天线

11. 把较长的那根天线沿地板延伸至探出窗外。将线的另一端与弹簧夹 1 相连接。
12. 将较短的天线连接在冷水管或水龙头上，把它的另一端与弹簧夹2相连接，见图 5。
13. 戴上耳机，试着通过慢慢地张开合页调频盘来定位电台，直到你听见信号。有些电台可能在调频盘合在一起时才能接收到，而另外一些电台可能只有在调频盘尽量张开时才会接收到。

分析和结论

1. **观察** 你做的收音机可以收几个电台？它们都是哪个地方的电台？哪个台的信号最强？记下你收到的这些电台。
2. **提出操作性定义** 用你自己的话给出一个关于“信号强”的定义。你如何比较不同的无线电台发出的信号的强度？
3. **推理** 调整调频盘是如何影响收音机信号接收的？
4. **制作模型** 选择一根好的天线，能够改进接收效果。想一想，如何改进天线？
5. **交流信息** 写一段文字描述收音机的各个部分，并说明如何将这些部分连接在一起。

实验设计

用一部收音机测试同一天不同时间的信号接收情况。晚上还是早晨接收的电台较多？天气情况影响信号接收吗？*（提示：在作调查之前须得到老师的同意。）*



学习指南

SECTION 1 电磁波的性质

主要概念

- 电磁波传播时不需要介质。
- 电磁波通过改变电场和磁场的方式传送能量。
- 光的性质有时与一束波类似，有时又与一束粒子流类似。

关键术语

电磁波	光电效应	电磁辐射
光子	偏振光	

SECTION 2 电磁波频谱

主要概念

- 所有电磁波以相同的速度传播，但波长和频率则各不相同。
- 电磁频谱由无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线和伽码射线组成。
- 无线电波和多普勒效应能用于测定运动物体的速度
- 可见光频谱的颜色根据频率从小到大，依次是红色、橙色、黄色、绿色、蓝色和紫色。

关键术语

电磁波频谱	温谱图
无线电波	可见光
微波	紫外线
雷达	X射线
磁共振成像	伽码射线
红外线	



SECTION 3 产生可见光

主要概念

- 灯具可分为白炽灯、荧光灯、氖气灯、钠蒸气灯和卤化钨灯。
- 白炽灯能发出可见频谱的所有颜色。
- 某些有机物能够通过生物反应产生荧光。

关键术语

受光体	氖气灯	发光体
钠蒸气灯	分光镜	卤化钨灯
白炽灯	生物荧光	荧光灯

SECTION 4 无线通信

与技术科学的综合

主要概念

- 广播电台先将有关音乐和谈话的节目由声音转换为电子信号，然后再以无线电波的形式发送出去。
- AM广播通过振幅变化而频率不变的电波来传播信息。FM广播则通过频率变化而振幅不变的电波来传播信息。
- 移动电话用高频无线电波来发送和接收信号。
- 当你给一个传呼机留下信息时，信息首先被送往传呼台。传呼台将信息编码后，再发送给相应的传呼机。
- 无线电、电视和电话信号从地球发送到通信卫星，通信卫星将这些信号增强后转播至地球上的各个角落。

关键术语

振幅调制	频率调制

活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

复习题

选择题

（选择最佳答案）

1. 所有电磁波有相同的 ____。
   a. 频率　　b. 速度
   c. 波长　　d. 能量
2. 波长最长的电磁波是 ____。
   a. 无线电波　　b. 红外线
   c. X 射线　　d. 伽码射线
3. 下面各项中，不属于电磁波频谱的是 ____。
   a. X 射线　　b. 声音
   c. 红外线　　d. 无线电波
4. 当内部的钨丝变热时灯具发光，这种灯具叫 ____。
   a. 生物荧光　　b. 荧光灯
   c. 白炽灯　　d. 氖气灯
5. 传播电视信号的是 ____。
   a. 伽码射线　　b. 红外线
   c. X 射线　　d. 无线电波

判断题

如果描述正确，写 "T"；如果错误，写 "F"，并修改划线部分

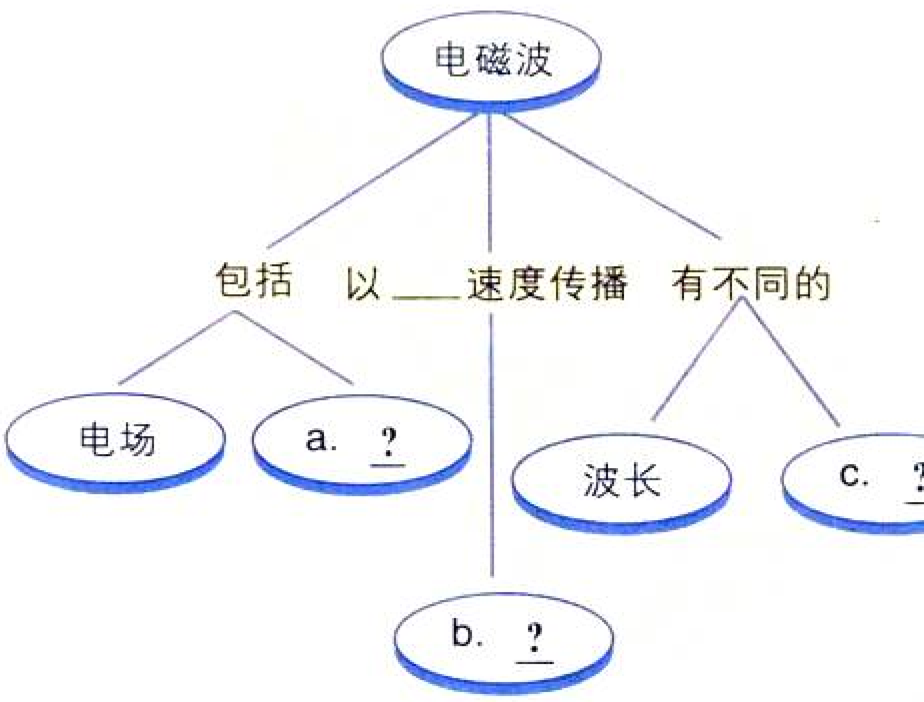
6. 光电效应是光具有粒子性质的证据。
7. 当人体受到紫外线照射时，可以感觉到热。
8. 荧光灯以红外线的形式释放出大部分能量。
9. 要识别一个广播电台，可以检测它发射的电磁波的振幅。
10. 无线电和电视发射机可以放置在卫星上，再与卫星一起发送到一定轨道。

简述题

11. 你是如何知道电磁波能够在真空中传播的？
12. 偏振现象为什么可以用来说明光是一种波？
13. 多普勒效应是如何用于测定运动物体的速度的？
14. 解释移动电话和无绳电话之间的区别？
15. 如果晚上在森林里迷了路，可以用一种称为摩尔斯编码的编码方式来点燃和熄灭信号灯以发出求救信号。这实际上是一种调制信号。它属于 AM 还是 FM？说明你的理由。
16. **科技写作**　设计一个推销荧光灯的广告。广告词应该正确描述荧光灯比白炽灯所具有的两个优点。广告词一定要有容易记忆的词汇或句子。

形象思维

17. **完图填空**　把电磁波的概念图抄写在一页纸上，然后填空并加上标题。（更多的完图填空，参看技能手册）



应用题

下表给出了四个广播电台的信息。运用该表来回答问题 18 ~ 20:

名称	频率
东方台	580kHz
白云台	103.7MHz
火炬台	1030kHz
阳光台	89.7MHz

18. 解释数据 哪个广播电台发射的电波的波长最长？哪个最短？

19. 分类 哪些电台属于 AM 广播，哪些属于 FM 广播？

20. 预测 假设你正驾车进行横穿全国的旅行。你估计哪个电台能够在较长距离内接收到？

思考题

21. 分类 列出受光物体的5个例子和发光物体的 5 个例子。

22. 因果关系 频率最高的电磁波频谱也是最具穿透性的，能导致非常严重的伤害。解释为什么？

23. 应用概念 一座房屋的温谱图能反映出什么重要信息？如何利用这些信息来设计节省能量的措施？

24. 对比 列表比较无线通信的不同类型。包括如下内容：发送信息的类型、信号传播的距离、单向通信还是双向通信。

25. 问题解决 假设你正在为小鸡建一个孵化器，需要一个热源。你将选用哪种灯具？解释为什么？

学习评估

课题2 总结

实验汇报 现在，你要向全班同学展示你的探索成果。你可以把制作的各种图粘在粘贴板上；也可以把你的图做成幻灯片，用投影仪来展示。你还可以用计算机将探索结果制成多媒体信息。

思考和记录 你的哪个结果最令大家惊奇？你是如何做到收集较为齐全的数据的？这个项目使你对各种通信工具的用途有了更好的理解了吗？想一想，从现在算起 25 年后，人们可能会使用哪些通信工具。

实践活动

在学校 与你的同学一起(征得教师的同意)寻找学校四周正在使用电磁波的例子。你发现了什么设备？每种设备产生或接收电磁辐射吗？准备一个粘贴板展示你的发现。

第四章 光



万花筒内放置相互垂直的两个平面镜，有色物体则放在平面镜中间。两个平面镜反射有色物体，就形成了我们所看到的彩色图案。

主要内容

SECTION 1 与物理学的综合
反射与面镜

探索　眨眼和光反射
增进技能　分类

SECTION 2 折射与透镜

探索　如何在纸上成像
试一试　消失了的玻璃杯
技能实验室　观看图像

SECTION 3 颜色

探索　颜色是怎样混合的
增进技能　提出假说
生活实验室　如何改变物体的颜色

课题 4

自制一种光学仪器

转动万花筒，你可以看到里面色彩各异、千变万化的各种图案。万花筒是用平面镜或透镜的组合来制造图像的光学仪器。

本章你将学习平面镜和透镜是如何反射和折射光线的。通过学习，你就能明白为什么周围的物体各有各的颜色。你还要运用这些知识自己来制作光学仪器。

课题目标 根据某种目的设计与制作一种光学仪器。它可以是一个万花筒、望远镜、潜望镜、显微镜，或你自己想出来的其他光学仪器。为了按时完成这个项目，你必须：

- 设计及制作一个至少包括一个平面镜或一个透镜的光学仪器。
- 演示你的仪器的工作原理。
- 编写一本解释你的仪器的各部分功能的小册子。

课题准备 考虑好你想让你的仪器做什么。你想用它来看小物体还是远物体？你是想看清楚物品的各个部分，还是只想让你的仪器产生醒目的物品图像！

检查进度 在学习本章时，你要同时进行本课题的研究。为了按时完成你的课题，在以下各阶段检查你的进度：

第 1 节复习 第 116 页：画出你的光学仪器示意图

第 3 节复习 第 127 页：制作光学仪器

第 5 节复习 第 142 页：测试和修改光学仪器

准备一本解释你的仪器工作原理的小册子。

总结 在本章结束时(第 145 页)，你要演示你的仪器如何操作，还要提供一本小册子，说明仪器的设计和使用方法。

SECTION 1

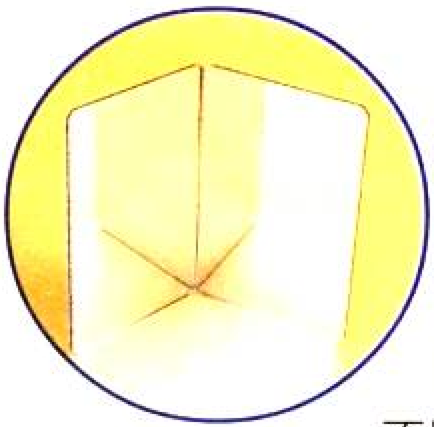
反射与面镜

探 索 活 动

眨眼与光反射

1. 对着一面平面镜看自己的脸，眨你的右眼，镜子中的你眨哪只眼？
2. 把两面镜子绑在一起，使它们可以像书本一样开合。打开镜子使它们成 90 度角。

   注意：小心，不要摔了。



3. 同时看两面镜子，再眨眼。现在镜子中你眨的是哪只眼？

思考

观察 镜子中的你是怎样眨眼的？第二次眨眼与第一次眨眼比较，你所看到的有什么不同？

阅读指南

- 当光照到一个物体上时，会发生什么现象？
- 反射有哪两种类型？
- 平面镜、凹面镜、凸面镜各能成什么像？

阅读提示 在阅读前，先预习本节，写下新的术语。阅读时，找到每个词的含义。

在晴天的灿烂阳光下，你观看过商店的橱窗吗？为了看清里面陈列的物品，你可能会用手来遮挡眩目的光线。这让人眩目的光线其实是来自橱窗的强烈反光。此现象表明，玻璃能够反射光。如果没有强光的照射，橱窗也较干净，那么，你就可以方便地看清里面的东西了。

当光照向物体时

当光投射在物体上的时候，光会被反射、吸收或者透过。许多物体既能反射光，也能吸收光。能够反射或者吸收投向它的所有光的物质是**不透明(opaque)**物质。多数物体是不透明的。物体之所以看上去是不透明的，就是因为它们不能透过光。不透明物质有木头、金属、棉织品和毛织品等。

透明(transparent)物质能透射光。如果光投射到透明物体上，光就会穿透它，这样你就能够看到放在此透明物体的内部以及放在物体另一面的东西。玻璃、水和空气都是透明的物质。

还有一些物质允许部分光透过。这类物质就是**半透明的(translucent)**。当光投射到半透明物质时，就发生光的散射。一般来说，你可以知道半透明物体后面有些什么东西，但你难于看清这些东西的细节。结了霜的玻璃和蜡纸是半透明的。图 4-1 展示了不透明、透明以及半透明的物体。



◀ 橱窗的眩光



图 4-1 线轴是不透明的，它们能反射各种颜色的光。水罐和玻璃是透明的，它们能让光线通过，使你能看到里面的牛奶。树叶是半透明的。透过叶子能够看到青蛙，但看不清细节。

反射的类型

当你看某些物体时，例如发亮的金属设备或一面镜子，你能在这些物体的表面看到你自己。但当你看其他一些物体时，例如一本书、木桌、铅笔，你只能看到这些物体的外表。**你能够看到物体是因为它们能反射光。**当你看一个物体时，你所看到的内容取决于该物体怎样反射光线。

镜面反射 为了说明光是怎样传播和反射，你可以把光波描绘成称为光线的直线。从一个物体表面反射的光线遵守反射定律：反射角等于入射角。

当一组平行光线射向光滑表面时，发生**镜面反射 (regular reflection)**。所有光线以相同角度被反射回来。例如，如果你看一片发亮的金属，你能看到你自身的反射(金属片上出现你的形象)，因为来自你的光线到达光滑表面后被规则地反射。

漫反射 当一组平行光线射向凹凸不平或不均匀的表面时，就发生**漫反射 (diffuse reflection)**。漫发射时光线同样遵守反射定律，但因为每束光线是从不同角度射向物体表面的，因此，反射的光线也射向各个方向，漫反射能使你在任何位置都能看到物体。

多数物体对光线漫反射。这是因为多数物体没有光滑的表面。即使是看上去光滑的表面，例如刚粉刷的墙壁，表面也是不平整的，因而仍对光线漫反射。如果你用放大镜看墙壁，你会发现其表面并不光滑。

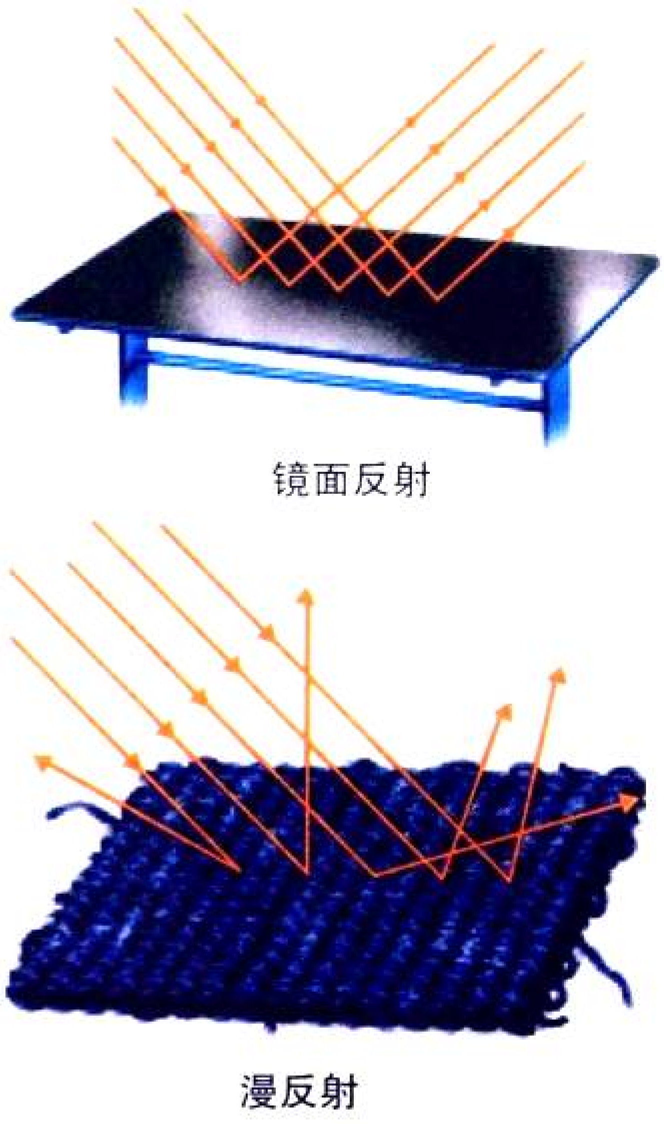


图4-2 当光线以一定角度射向物体表面时，光线就会以相同角度被反射出去。当平行光入射时，如果表面光滑，反射是镜面反射(上图)；如果表面凹凸不平或很粗糙，反射就是漫反射。(下图)

增进技能

分类

活动

看一个有金属光泽的汤匙背面，你看到了什么类型的像？改变眼睛与汤匙之间的距离，你所看到的像会发生什么变化？汤匙的背面属于哪一种镜面？现在你再看汤匙的正面。这个面又属于哪一种镜面？在上面你看到了哪种类型的像？

镜子

今天早晨你照镜子了吗？每天，你都要在镜子前梳头或刷牙。镜子是其中一面涂有光滑银质膜涂层的一块玻璃。如果光线照射到镜子上，光线透过玻璃后又被背面的涂层有规律地反射，结果你看到了一个像。**像(image)**是物体发出的光经反射或折射后形成的复制品。

镜子可以是平面的，也可以是曲面的。表面的形状决定镜子可以成哪种类型的像。像既可能像物品一样大，也可能比物品大或小，这取决于用的是哪种形状的镜子。

平面镜 表面平整的镜子称为**平面镜(plane mirror)**。你照平面镜时，会看到镜子中有一幅与你同样大小的像。如同你在镜子前面看像一样，你的像好像也在镜子后面的同样距离上注视着你。一面平面镜产生一幅与被反射物体同样大小的正像。

从平面镜中看到的像是虚像。**虚像 (virtual image)**是正立的。"虚"的意思是说，你可以看到某个东西，但这个东西并不真正存在，因为镜子后面根本没有你的像。

为什么你会看见一个虚像？图4-3示意了平面镜是如何形成舞蹈演员的虚像的。从舞蹈演员身上反射的光线向各个方向传播。这些光线照射到镜子时又被反射到人的眼睛里。由于大脑感觉到的是以直线传播的光线，因此，尽管到达大脑的光线是由镜面反射来的，但大脑仍然觉得光线是从镜子背后发出的。虚线表示大脑感觉的光线的出发点，这样，虚线表示这种来自镜子背后的虚设的光线的传播路线，由此形成舞蹈者的映像。

☑ **想一想** ***什么是虚像？***

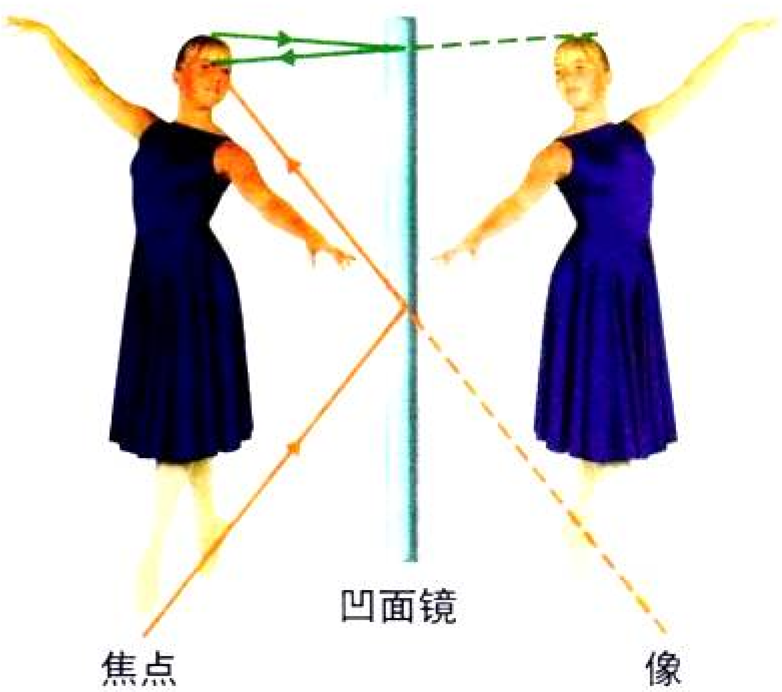


图 4-3 平面镜成虚像。当舞蹈者向镜面看时，来自她身体的光线经镜面反射到她的眼睛，让她感觉到光线好像来自镜子的背面，由此虚像就形成了。

凹面镜　表面向内弯曲，像碗的内表面那样的镜子就是**凹面镜(concave mirror)**。如图4-4所示，如果一束平行光照到凹面镜时，其镜面不但能反射所有平行光线，而且所有反射光线均汇聚于一点。光线汇聚的点叫做**焦点(focal point)**。

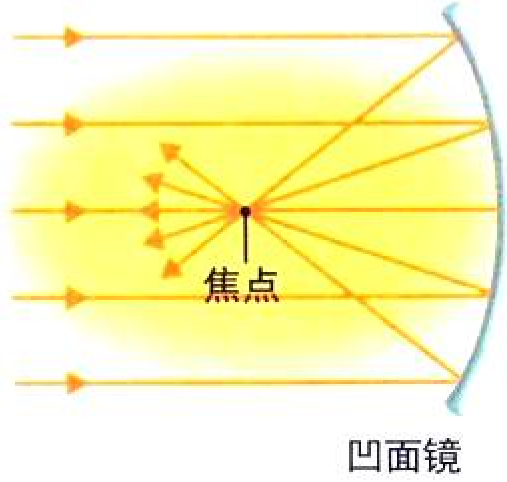


图4-4　凹面镜使平行光线通过焦点反射出去。

凹面镜既能形成虚像，也能形成实像。凹面镜究竟形成哪种类型的像，取决于物体相对于焦点的位置。图4-5示意了凹面镜成像的几种情况。如果物体与镜面的距离大于焦点与镜面的距离，则反射光形成**实像(real image)**。实像的意思是，反射光线确实在一点相遇了。实像是倒立的。实像既可能比物体大，也可能比物体小。如果物体处在焦点与凹面镜之间，则所成的像看起来好像在凹面镜后面，因此是虚像，这种像是正立的。

凹面镜的特性在实际生活中有很多用途。例如，轿车前灯实际上是在凹面镜的焦点处放了一个灯泡，当光线从灯泡中向外发射并照在凹面镜上时，光线被反射成为平行光，投影至路的前方。凹面镜也与其他镜组合使用，用于产生放大的图像。

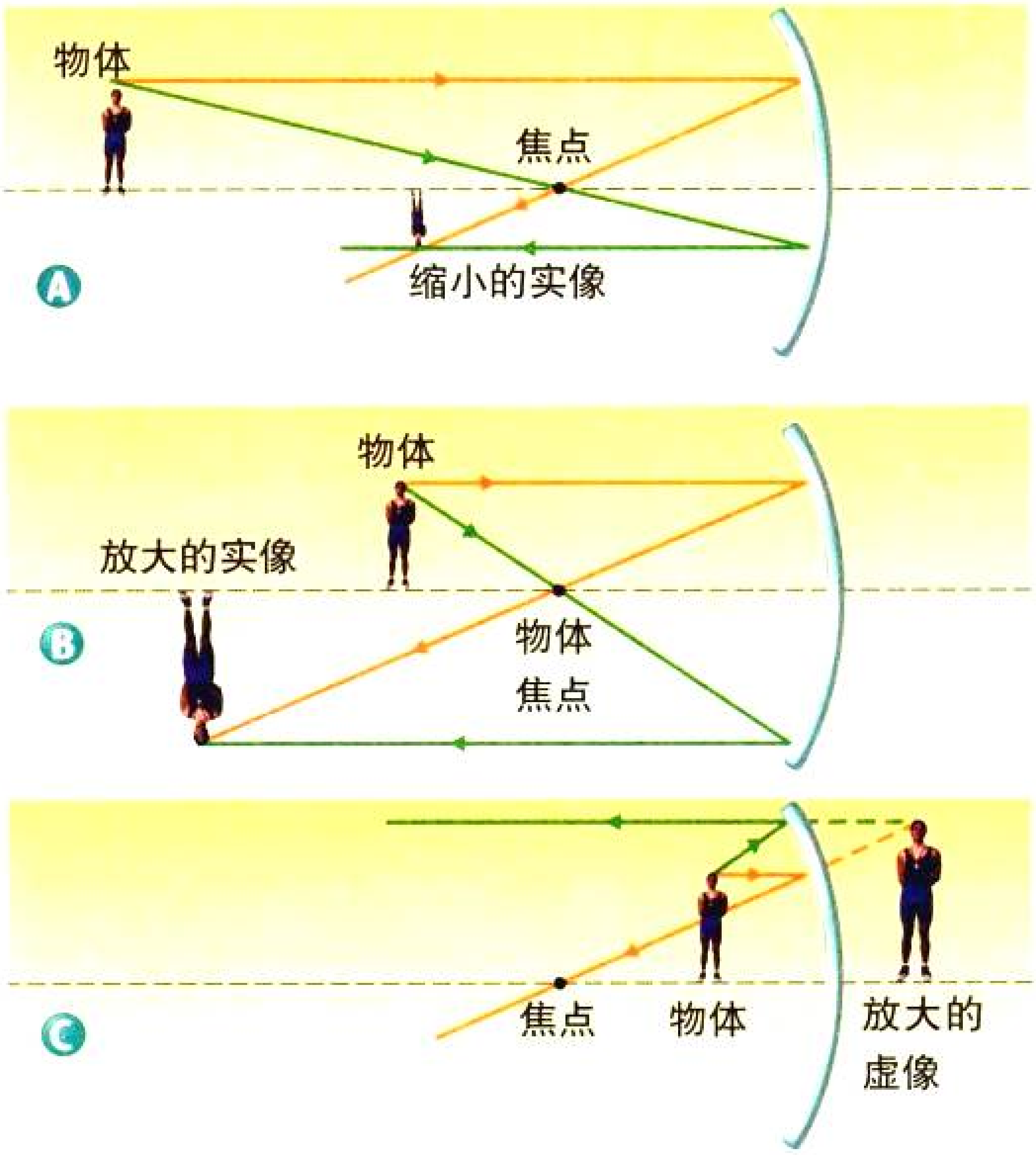
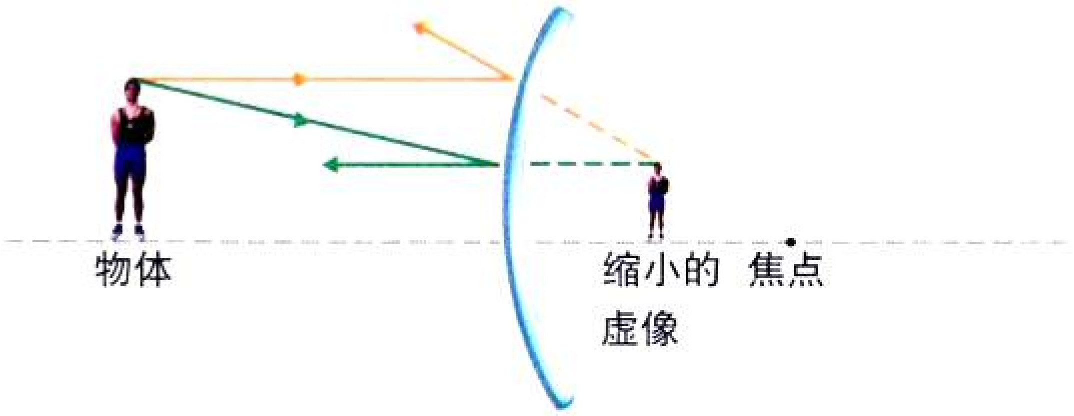


图4-5　凹面镜究竟成什么像，取决于物体相对于焦点的位置。A、B两图中，物体离凹面镜的距离比焦点远，形成的是倒立的实像。C图中，物体处在焦点与凹面镜之间，形成的是正立的虚像。

图解　*你怎样说明A、B中的像是实像？*



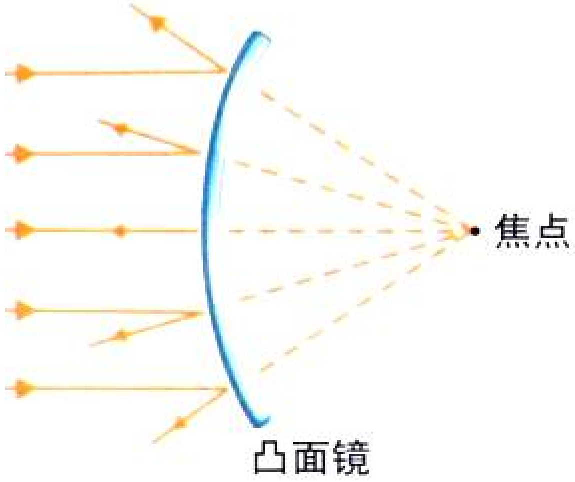


图4-6 凸面镜把好像来自镜子后面焦点的光线反射成为平行光。凸面镜形成的像总是虚像。
应用概念 *什么是凸面镜?*

凸面镜 表面向外弯曲的镜面叫**凸面镜(convex mirror)**。图 4-6 表示了凸面镜是如何反射平行光线的。人们看到的反射光线好像是从镜子后面的焦点上发出。**由于反射光线并未相遇，因此凸面镜形成的总是虚像。**

你是否看到过汽车后视镜上的警告:“后视镜中看到的物体比他们看上去的距离要近！”凸面镜在轿车中用作供乘客使用的后视镜。因为凸面镜向外发散光线，所以借助它能使你看到更大的反射区域。由于你在镜中看到的更多，像似乎比物体本身小和远。

第一节复习

1. 分别写出透明、半透明、不透明的4种物质。
2. 描述光反射的两种方式。
3. 平面镜、凹面镜、凸面镜分别产生什么类型的像?
4. **理性思维** **应用概念** 幻灯片投影仪在屏幕上投射一个正立的像。投影仪上的幻灯片必须是倒立放置的。屏幕上的像是实像还是虚像?找出两个原因说明你的答案。

课题 4

检查进度
决定你的光学仪器的功能。你将怎样运用它?画出你想制造的光学仪器的结构示意图。你想用面镜、透镜或这两者的组合吗?说明你的仪器如何影响进入的光线。收集你准备用来制造仪器的各种材料。

SECTION 2
折射与透镜

探 索 **活 动**

如何在纸上成像



1. 手持透镜站在离窗户2米远，通过透镜观察窗外。你看到了什么？
   注意：不要直接看太阳。
2. 使透镜离你眼睛远一些，再观察你发现了什么变化？
3. 现在把透镜放置在窗户和一页纸之间，但离纸近一些。看着纸，慢慢地向窗户方向移动透镜。这时，你看到了什么？当你移动透镜时发生了什么现象？

思考

观察 想一想，如何在一张纸上形成一个像？这是实像还是虚像？你是如何知道的？

阅读指南

- 当光线以一定角度进入一种介质时，会发生什么情况？
- 凸透镜和凹透镜是如何成像的？

阅读提示 阅读时，画图说明每种透镜是如何折射光线的。

鱼缸能欺骗你的眼睛。如果从侧面看，鱼好像比你从上面看离你更近。如果从交界处看，你可以看到有两条相同的鱼：在鱼缸的前面看到鱼的一个像，在鱼缸的侧面看到同一条鱼的另一个像。这两个像出现在不同的地点！

光的折射

当你看鱼缸时，你看到的是在三种不同的介质中发生折射的光线。这三种介质分别是水、玻璃和空气。光从一种介质进入另一种介质时，都会发生折射。**当光线以一定角度进入一种新介质时，因光速变化而使光线发生折射。**

折射能使你看到事实上不存在的东西。例如，折射能形成海市蜃楼，也能产生美丽的视觉——彩虹。



图 4－7 在鱼缸中只有一条鱼，但由于光线的折射使它看上去好像有两条。

试 一 试

消失了的玻璃杯　活动

试一试在不同液体中，光线是如何折射的。

1. 把一个小玻璃杯放在一个大玻璃杯中，你能看到大玻璃杯中的小玻璃杯吗？
2. 在两个玻璃杯中都盛满水，从侧面看，你仍然能看到小玻璃杯吗？
3. 倒净两个玻璃杯中的水，擦干，然后注满植物油再观察，你看到了什么。

推论　为什么光线在植物油中的折射与水中不同？

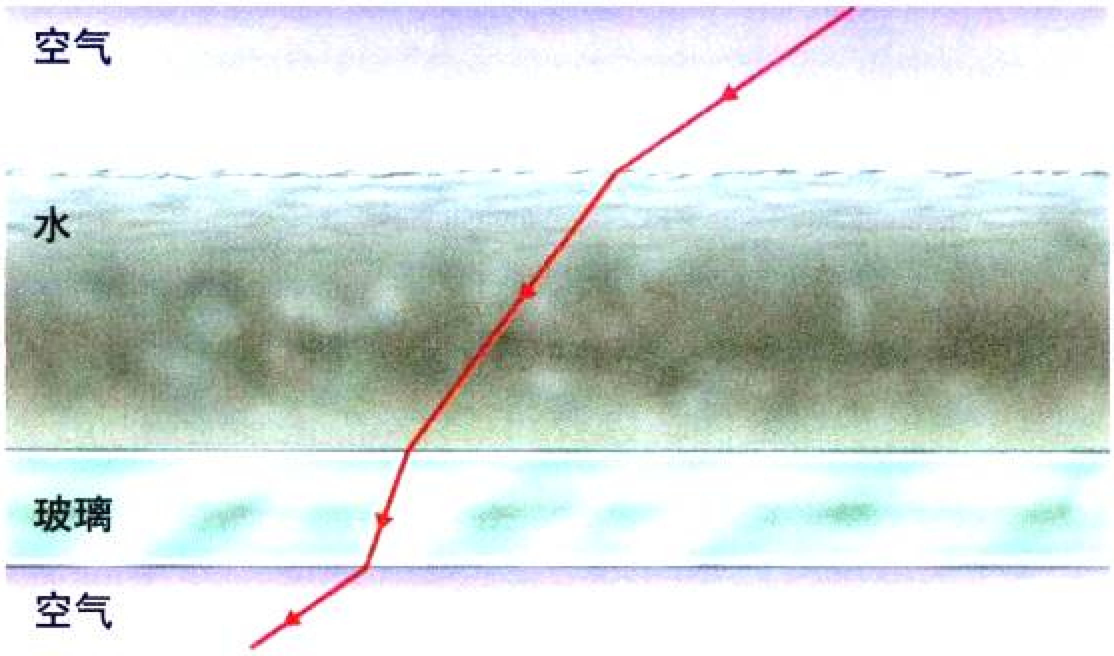


图4-8　光从密度小的介质进入密度大的介质时，光速变慢而发生折射。想一想，为什么光离开玻璃进入空气后仍将按原来的方向传播？

折射率　一些介质比另一些介质能使光发生更大的折射。图4-8示意了光从空气进入水，从水进入玻璃，从玻璃再次进入空气这一过程中的路线情况。光从空气进入水后，速度变小。光从水进入玻璃时，速度变得更小。光在空气中传播最快，在水中较小，在玻璃中最小。光从玻璃返回空气，速度又变大。注意：光离开玻璃后的传播方向与光进入水前的方向相同。

因为玻璃折射光线最多，所以玻璃使光线弯曲的程度比空气和水的都大。换句话说，玻璃的折射率比空气和水的都大。介质的**折射率(index of refraction)**可衡量光进入这种介质时发生弯曲的程度。介质的折射率越高，光线弯曲程度越大。真空的折射率为1，金刚石的折射率为2.42。

棱镜　图4-9示意了一束白光被分解为各种颜色的可见光的情况。记住：白光实际上是由许多单色光组成的。白光进入棱镜时，不同波长的光发生折射的程度不同。波长越长的光，棱镜使它弯曲的程度越小。



图4-9　白光透过棱镜后被分解为组成白光的各种单色光。

应用概念　*各种单色光出现的顺序是由什么决定的？*

与地球科学的综合 **彩虹** 当来自太阳的白光照射到天空中的小水滴时，就会出现彩虹。因为雨滴类似于小的棱镜，能折射、反射和分解白光。彩虹中各种颜色光的排列次序总是一样的。因为波长越短的光被雨滴折射而发生弯曲的程度越大，波长越长，弯曲越小。由于红色光波长最长，紫色光波长最短，因此，彩虹中的色彩排列总是相同的，也即白光分解后的各色排列顺序如下：红、橙、黄、绿、蓝和紫。

图4-10 阳光被小雨滴折射，形成彩虹。



海市蜃楼 设想在一个炎热、阳光明媚的日子里，你正坐在行驶在公路上的轿车里。前方的路面看上去好像有水坑。然而，当你到达那儿时，却发现路面是完全干的。这是为什么呢？是在你到达前水坑消失了吗？不是，路面本来就是干的！你看到的只是一种称为海市蜃楼的自然现象。海市蜃楼是远处物体因光的折射而产生的一种幻像。

图4-11示意了海市蜃楼的形成过程。高处空气的温度比接近路面的空气温度低。光通过热空气传播时速度较大。当光向下向远处传播时发生折射而弯曲。在地面附近，由于空气温度一样，光线几乎平行于地面，但是光线再向上传播时又发生了弯曲。当光线因折射而弯曲后，你的直觉却仍然认为光是以直线传播的，认为到达眼睛的光线来自类似镜面的反射，结果就“看”到了并不存在的水坑。

想一想 ***海市蜃楼是如何形成的？***



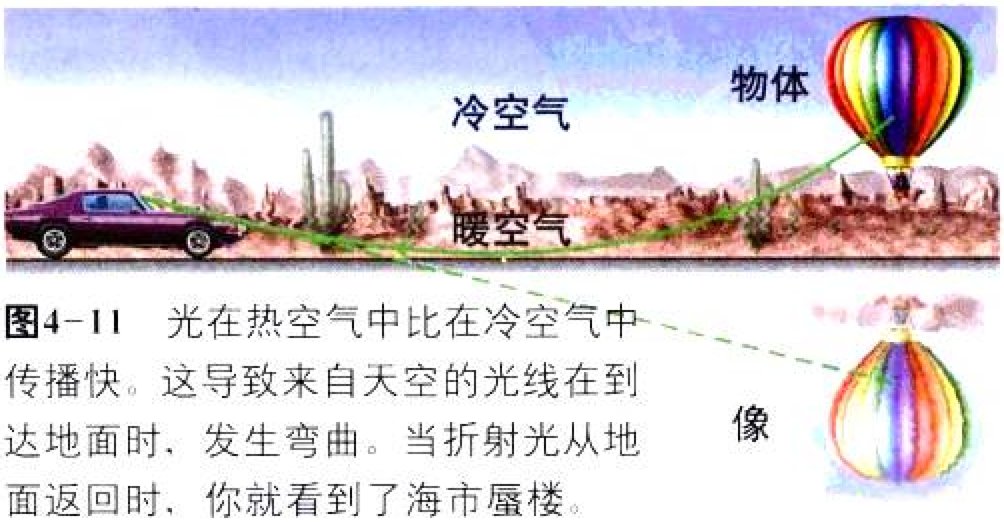


图4-11 光在热空气中比在冷空气中传播快。这导致来自天空的光线在到达地面时，发生弯曲。当折射光从地面返回时，你就看到了海市蜃楼。

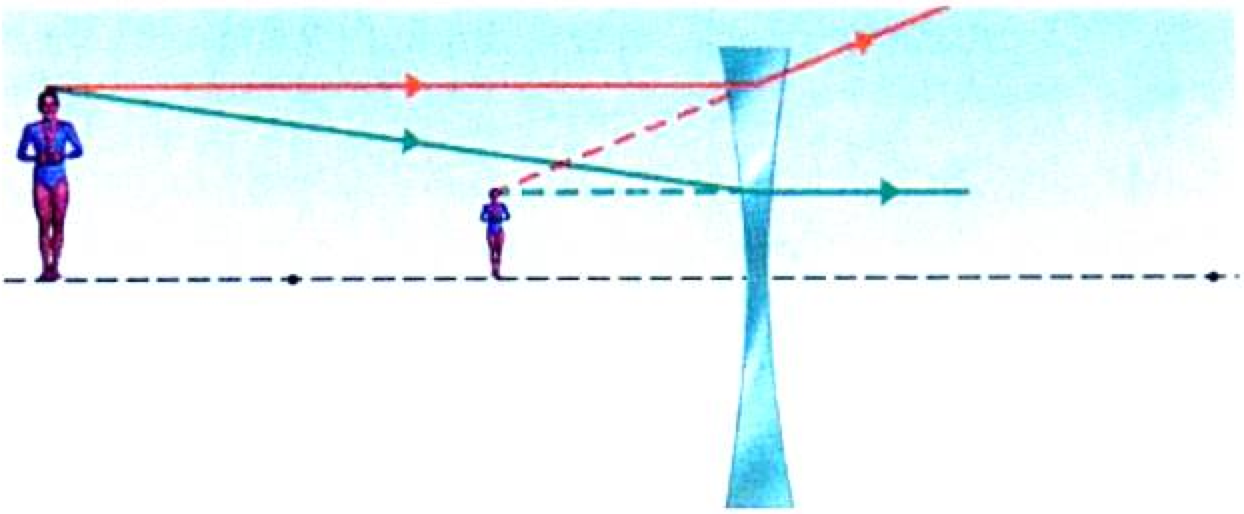


图4-12 在物体上方平行传播的光线发生了折射，而人仍然觉得光线是从与物体同侧的透镜的焦点上发出的。向另一个焦点传播的光线折射后仍平行传播。

图解 *为什么通过凹透镜的光从来不相遇？*

透镜

你用望远镜、显微镜、照相机或戴眼镜看过东西吗？如果是，那么你已经用透镜使光线发生了弯曲。**透镜(lens)**是一片用于折射光线的弯曲的玻璃或其他透明物体。通过透镜的折射可以使光线形成像。与面镜一样，透镜有不同的形状。透镜的形状决定其所成的像的类型。

凹透镜 **凹透镜(concave lens)**的中心比边缘薄。平行光线通过凹透镜时，光线向外发散。如图4-12所示，向外发射的光线看上去好像是从透镜的相反方面的焦点发出的。由图可知，折射光线没有相遇，所以凹透镜只能产生虚像。

凸透镜 **凸透镜(convex lens)**的中心比边缘厚。平行光线通过凸透镜后，光线向透镜中心折射，并在焦点聚集后继续传播。透镜的弯曲程度越大，折射的光线就越多。

像凹透镜一样，凸透镜可以汇聚光线。**凸透镜形成的像的类型取决于物体相对于焦点的位置。**图4-14示意了三种情况。如果物体在焦点外侧，折射光线就在透镜的另一侧形成实像。如果物体在透镜与焦点之间，则在物体同侧形成虚像。

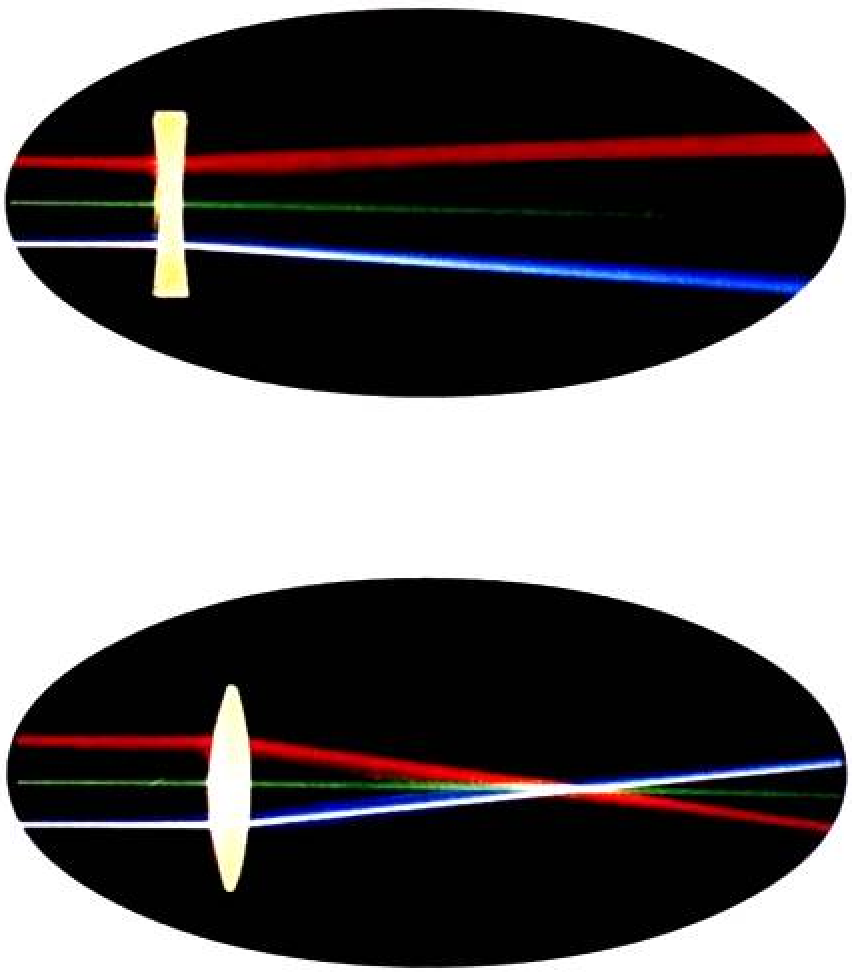
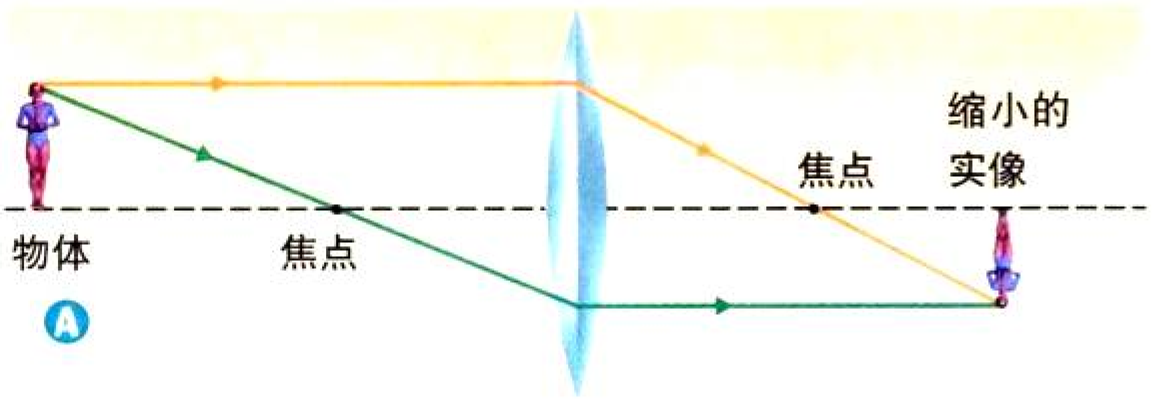
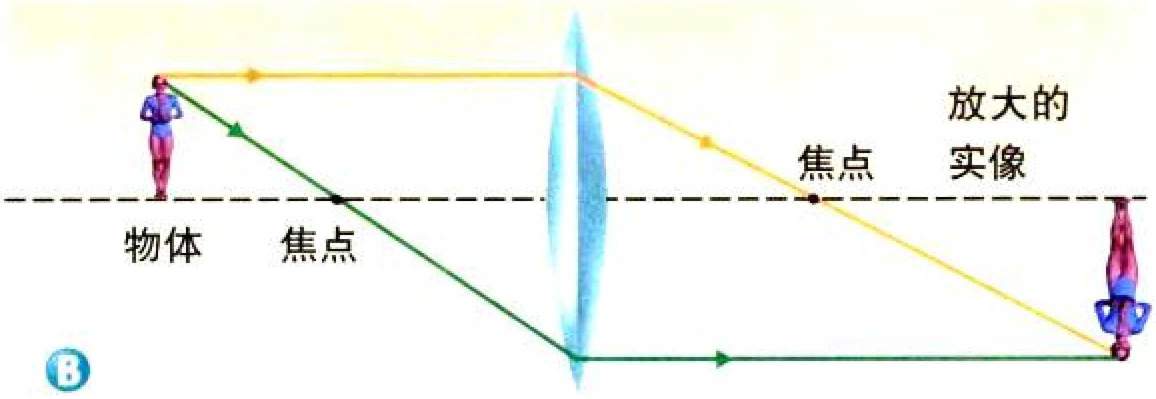


图4-13 凹透镜折射平行光线后，使光线看上去好像来自透镜的一个焦点。凸透镜折射平行光线后，光线汇集于焦点。





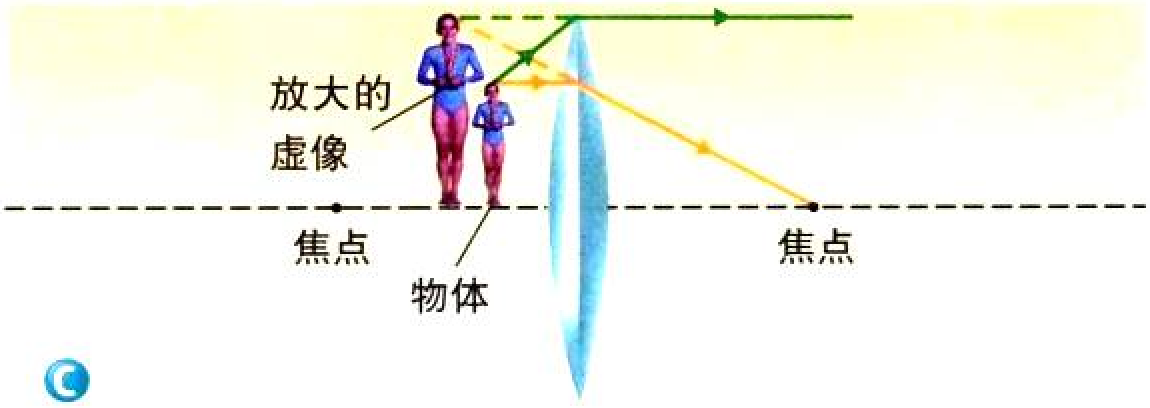


图4-14 凸透镜所成的像的类型和大小取决于物体的位置。如图A、B所示，如果物体在焦点外侧，所成的像是倒立的实像。图C，如果物体在焦点与透镜之间，则形成的像是虚像。

第二节复习

1. 当光线从一种介质进入另一种介质时，会发生什么现象？
2. 凸透镜成什么像是由什么决定的？
3. 为什么凹透镜不可能形成实像？
4. 为什么只有在阵雨中或雷雨过后才能看到彩虹？
5. **理性思维** **问题解决** 如果你想仔细地观察植物的叶子，应该使用哪种透镜？为什么？

身边的科学

在这个试验中，你不用碰铅笔，就能使铅笔弯曲。如图所示，把铅笔放入一水杯中，让你的家人从侧面看铅笔。运用折射的知识向你的家人解释为什么铅笔看起来是折断的。

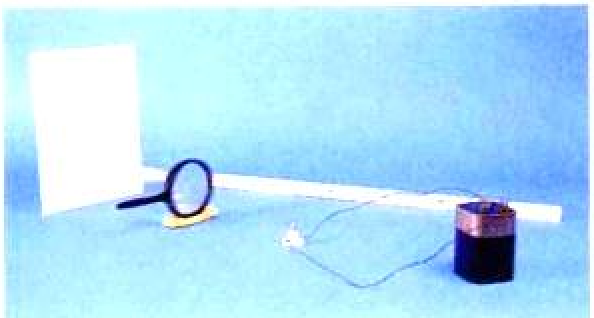


技能实验室

控制变量

透镜成像

在本实验中，你将通过控制变量的办法来探索凸透镜是如何成像的。



问题

物体与透镜间的距离是如何影响所成的像的？

重要技能

控制变量　解释数据

实验材料（每组）

胶带纸　凸透镜　直立纸板　空白纸
灯泡和插座　固定透镜的黏土
电池和电线　米尺

步骤

1. 用胶带纸把空白纸固定在直立纸板上。
2. 把灯泡放置在离纸板2米远的地方，用透镜把灯泡的光聚集在纸板上。测量透镜与纸板间的距离。这距离就是你所用的透镜的大致焦距。
3. 把下面的数据表复制在你的笔记本上。
4. 现在把灯泡放置在离透镜2倍焦距的地方，在纸板上记录下像的位置和大小。测量灯泡的高度。
5. 移动灯泡至离透镜1倍焦距处，在纸板上记录像的位置和大小。

分析和总结

1. **控制变量** 实验时要制作一个变量表。哪个变量一直保持不变？哪个变量是可控变量？哪个变量是因变量？
2. **观察** 当灯泡移向透镜时，像的位置有什么变化？
3. **解释数据** 凸透镜所生成的像总是放大的吗？如果不是，那么在什么条件下，像是缩小的？
4. **预测** 如果通过透镜观看灯泡，当灯泡与透镜的距离比焦点与透镜的距离更近时，将看到什么情景？请解释你的预测。
5. **交流信息** 写一段文字说明物体与凸透镜之间的距离是如何影响到透镜所成的像的。运用光路图来帮助你概括结论。

进一步的探索

设计一个实验来研究具有不同厚度的凸透镜的成像情况。透镜的厚度是如何影响生成的像的位置和大小的？注意：在实施你的研究方案之前，须得到老师的同意。

数据表

透镜焦距：______厘米　　灯泡高度：______厘米

灯泡至透镜的距离（厘米）	像的位置（正立还是倒立）	像的大小（高度，厘米）

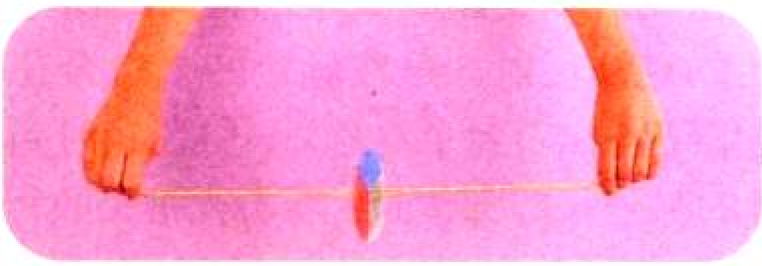
SECTION 3

颜色

探 索 **活 动**

颜色是怎样混合的

1. 剪一个直径约10厘米的硬白纸板圆盘。把盘分成相等的三部分，并分别用彩笔按顺序涂成红色、绿色和蓝色。
2. 在圆心两侧小心地各打两个孔，两个孔相距2厘米。



3. 用约1米长的绳穿过两个孔，把绳的两端系在一起。
4. 使盘两边的绳的长度相等，转动圆盘使绳索绷紧。猜测一下，如果快速旋转圆盘，你将看到什么颜色。
5. 通过拉紧和放松绳子旋转圆盘。

思考

观察 当圆盘快速旋转时，你看到了什么颜色？你的猜测对吗？

清晨，太阳冉冉升起，花园里的花朵在阳光的照耀下争奇斗艳，粉红色、橙红色、紫罗蓝色等等。每朵花都呈现出与众不同的美丽色彩。阳光让你清晰地看到了每种颜色，但阳光是白色的，究竟是什么使花朵呈现出不同的颜色呢？

阅读指南

- 物体的颜色是由什么决定的？
- 阳光是由哪些有色光组成的？
- 调颜料与混合光有什么不同？

阅读提示 阅读前，请用本节标题制作一份关于颜色的提纲，留出适当的空白，供阅读做笔记时填写。

物体的颜色

花的颜色取决于它所反射的光。每朵花能吸收某种波长的光，反射其他波长的光。花朵反射的这种光的颜色就是你所看到的花朵的颜色。



白色光下的物体 花朵和其他许多物体都能反射不同颜色的光。例如，当白光照射百合的花蕊时，花蕊主要反射橙色波长的光，吸收其他波长的光。因为橙色光线离开花蕊进入你的眼睛，所以你看到的花蕊呈橙色。其茎和叶则主要反射绿色波长的光和吸收其他颜色波长的光而呈现绿色。



图4-15 百合花蕊显橙色，因为百合花反射橙光。茎和叶呈现绿色，因为它们反射绿色光。

对于黑色物体和白色物体，情况又如何呢？臭鼬身上呈现黑白相间的斑纹是因为它身体的某些部分反射所有波长的光，另外一些部分根本不反射任何波长的光。当白色光射到臭鼬的某些部位时，所有颜色的光被反射，这些颜色的光组合在一起，于是你看到了白色。当白色光射到臭鼬的另外一些部位时，所有光被吸收，没有任何颜色的光反射出来，于是你看到了黑色。

如果物体没有反射出任何光，即使有颜色或白色的物体也只能呈现出黑色。例如，在一个漆黑的房间里，如果没有开灯，房间里的东西就不会反射任何光线，也就是说没有光线进入你的眼睛，你的眼前只能是一片漆黑。如果远处有一点微弱的光透入，你可能分辨出某些物体的形状，但是你说不出这些物体的颜色。

彩色光下的物体 物体呈现什么颜色还与你在什么颜色光线中看它们有关。图4-17示意了在不同颜色光线下拍摄的台式电脑的2张照片。第一张照片是在白色光下拍摄的，键盘呈现为黑色、文件夹



图4-16 臭鼬身上的白色部分反射所有颜色的光线。
应用概念 *为什么臭鼬的腿看上去是黑色的？*

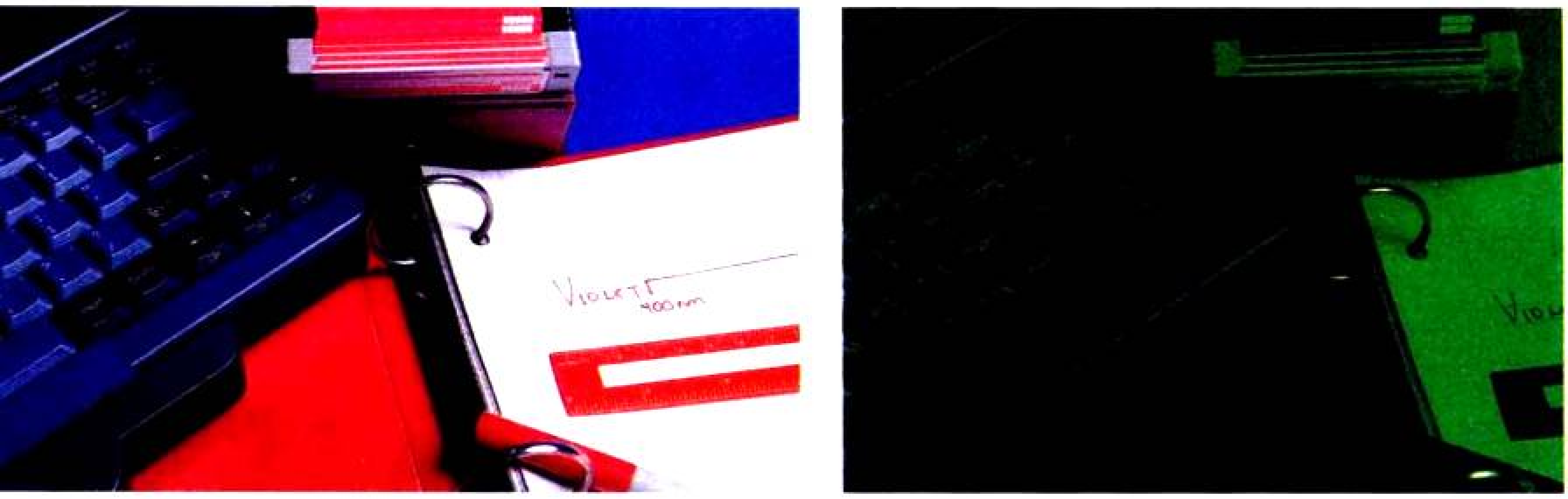


图4-17 在白色光下，左图物体显示出多种不同的颜色。如果在绿色光下，与左图相同的物体则显示出绿色或黑色(见右图)。 ***预测*** *在蓝色光下，这些物体将呈现出什么颜色？*

为红色。另一张照片是在绿光下拍摄的，在绿色光下，物体要么反射绿色光，要么吸收绿色光。由于红色和蓝色物体仅仅反射红色和蓝色光线，吸收所有的绿色光线，因此，原本蓝色的装订机和红色的文件夹都呈现为黑色。

滤光片下的物体 一些半透明材料只允许某些颜色的光通过，它们反射或吸收其他颜色的光。这些材料称为彩色滤光片。例如红色滤光片是一片只允许红色光通过的玻璃或塑料。戏院舞台的聚光灯经常使用彩色滤光片，以产生不同的颜色效果。照相胶片也是彩色滤光片。胶片投影仪通过彩色滤光片的组合发出白色光。你在屏幕上看到的像显示的颜色是胶片各部分允许通过的光的颜色。

☑ ***想一想*** ***什么是彩色滤光片？***

混合色

了解颜色产生的原理在照相、艺术、戏院灯光、印刷方面非常有用。从事色彩工作的人必须知道怎样通过几种基本色产生各种颜色。一般来说，通过几种可见光的混合能产生任何颜色。用于产生其他颜色的三种颜色——红、绿、蓝称为**三原色(primary color)**。三原色中的任何两种等量混合都可产生一种合成色。

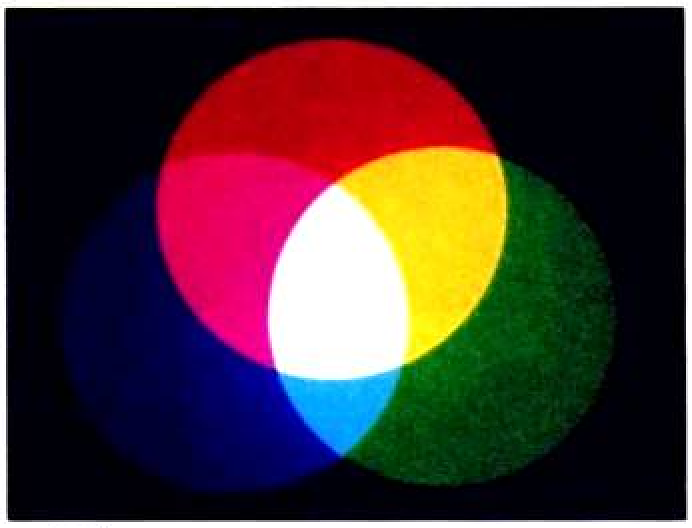
光的混合色 **红色、绿色、蓝色三原色光等量混合便产生白色光。**如果三原色不等量混合，就能产生任何其他颜色。例如红色和绿色组合形成黄色。因为黄色由两种原色组合而成，所以黄色是合成色。

增进技能

提出假设

活动

1. 仔细地把一个彩色轮子分成8部分。用彩色笔交替地涂上蓝色和黄色。
2. 如果转动轮子，你将看到什么颜色？把你的预测写成一个如下形式的假设语句：“如果…，那么…。”
3. 转动轮子，你看到了什么颜色？它与你的假设吻合吗？
4. 用彩色轮子试验不同的颜色。



三原色



图4-18 原色光是红、绿、蓝。当原色光等量混合时，可形成白色光。彩色电视机的彩色图像是由红、绿、蓝按不同比例组合的结果。

图解 *电视机怎样显示黑色?*

合成色有黄色(红色+绿色)、青色(绿色+蓝色)、绛红色(红色+蓝色)。图4-18示意了原色光。

原色和合成色混合也能组成白色。组合后能形成白色光的任何两种颜叫做**补色 (complementary color)**。黄色和蓝色、青色和红色、绛红色和绿色都是补色。

与技术科学的综合 彩色电视机屏幕仅仅能产生三种颜色。图4-18示意了一个彩色电视机屏幕的放大部分。由图可以注意到，屏幕上的图片是由红、绿、蓝三种光组成的。随着每种颜色光亮度的变化，电视机便产生许多不同颜色的图像。

混合颜料 艺术家是如何绘制油画中许多颜色的阴影的呢？油漆和染料因所含的颜料不同，颜色也不同。颜料用来使其他物质着色。彩色颜料是不透明的物质，能反射特定的颜色。你看到的颜色就是特定颜料反射的颜色。

颜料的混合色与光的混合色是不同的。当几种颜料混合在一起时，大部分的颜色光被吸收，而被反射的色光很少。颜料组合得越多，混合物看上去越黑。

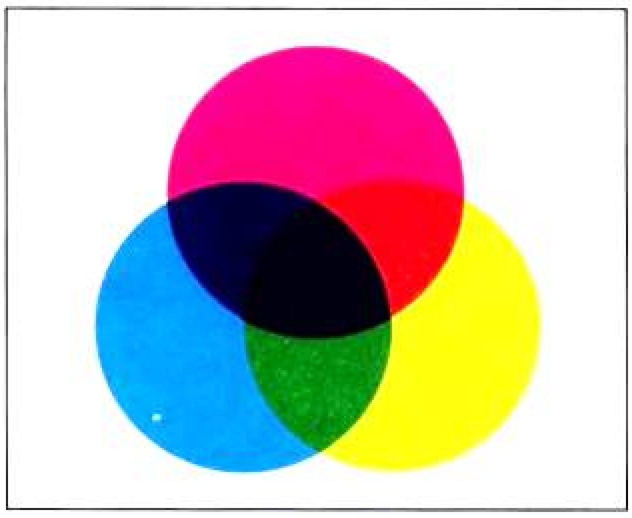
视觉艺术

链接

15世纪文艺复兴时期的大画家，如达·芬奇和拉斐尔，用各种颜色的颜料创作了栩栩如生的大量名画。这些颜料来源于矿物质、植物和动物。

阅读DIY

看看各种标识、颜料或蜡笔所标明的颜色。你看到朱砂(红色)、苍天(蓝色)或碣石(棕色)了吗？这些颜色最初都是由矿物质制成的。现在这些颜色已改用化学方法生产。你能找到其他最初由矿物质制作的颜料的名称吗？



颜料的三原色



图 4-19 颜料的三原色是青、黄和绛红(左图)。照片示意了一幅印刷品的放大图。由图可知，四色印刷使用了颜料的三原色和黑色。

颜料的三原色是青、黄和绛红。如果三原色颜料等量混合，你将获得黑色。如果你将三原色中的任意两种等量混合，就能获得合成色。颜料的合成色是红色(绛红+黄色)、绿色(青色+黄色)、蓝色(绛红色+青色)。用不同数量颜料进行组合，你能产生任何颜色。图4-19示意了颜料的三原色。

如果你用放大镜看本书中的彩色图片，你会发现图片是由不同颜色(青色、黄色和绛红色)的小墨水点组成的。黑墨水有时也被用于制作较暗的图片。由于用了四种颜色的墨水，制作本书的工艺称为四色印刷。

第三节复习

1. 为什么物体有不同的颜色?
2. 光的三原色是什么? 当等量的三原色光混合时，产生什么颜色?
3. 当等量的三原色颜料混合时，产生什么颜色?
4. 四色印刷工艺中使用了什么颜色?
5. **理性思维** **对比** 列表比较光和颜料的三原色与合成色。

课题 4

检查进度

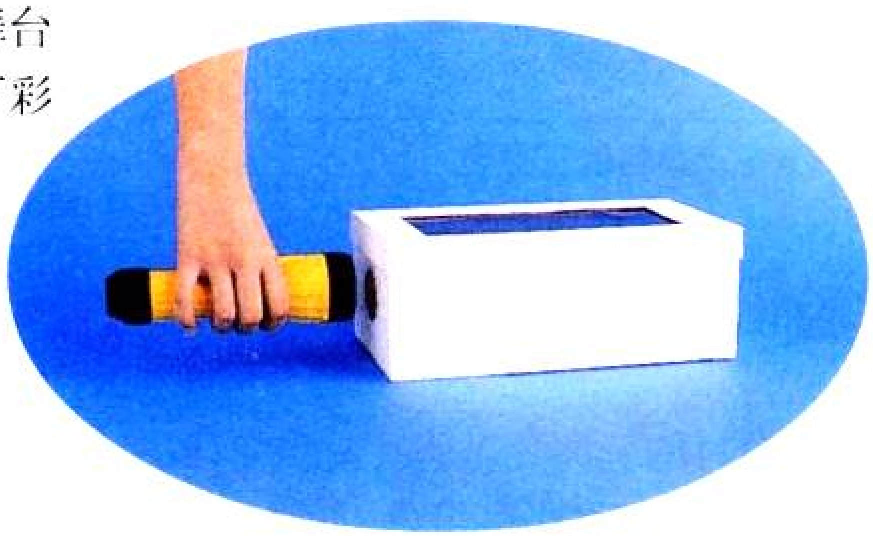
根据你绘制的框架图制作光学仪器。你的光学仪器是如何运用反射和折射来产生各种像的? 你需要改变像的焦距吗? 你的光学仪器有可移动的部分吗? 你如何组合仪器的不同部分?

动手做

生活实验室

如何改变物体的颜色

戏院舞台用彩色滤光片来控制舞台灯光。本实验将研究白色光下彩色滤光片的效果。



重要技能

观察、预测、推论

材料(每组)

鞋盒　手电筒　剪刀
可移动的胶带
红色物体(如熟透的西红柿)
黄色物体(如熟透的柠檬)
蓝色物体(如蓝色的玻璃纸)
足以覆盖鞋盒盖的红、绿玻璃纸。

步骤

1. 在鞋盒盖上小心地剪一个大的矩形洞。这个洞应比鞋盒盖稍小一些。
2. 在鞋盒的一个侧面中心小心地剪一个小圆洞。
3. 用胶带把红色玻璃纸固定在鞋盒盖上，并覆盖住盖上的矩形洞。
4. 把物体放进鞋盒中，盖上鞋盒盖。
5. 在黑暗的房间里，用手电筒照射旁边的洞，观察盒中每个物体的颜色。
6. 用其他颜色的玻璃纸重复步骤3～5。

分析和推论

1. **观察**　当你通过红色玻璃纸观察时，你看了什么？解释为什么？
2. **观察**　当你通过蓝色玻璃纸观察时，你看到了什么？解释为什么？
3. **观察**　每张玻璃纸允许通过什么颜色的光？
4. **预测**　如果你把一个白色物体放进盒中，猜测一下，在每种玻璃纸下你能看到什么？用实验来证明你的猜测。
5. **得出结论**　用图示说明各种颜色的玻璃纸如何影响物体在手电筒白色光照射下所呈现的颜色？
6. **交流信息**　彩色滤光片的作用类似于颜料还是色光？如果你通过一个红色滤光片和一个绿色滤光片观看手电筒的灯光，会发生什么现象？解释为什么？

实践活动

参观当地剧院或者采访灯光设计师，以弄清彩色滤光片是如何用来制造不同的舞台效果的。

SECTION 4 看见光

探索 活动

能用一只眼睛看到每种东西吗

1. 在纸上写下“X”和“O”，两个字母相距5厘米左右。
2. 把纸放在手上，伸长手臂。
3. 闭上或遮住左眼，用右眼凝视“X”。
4. 凝视“X”时，慢慢地将纸向你面部方向移动。你看到了什么？
5. 双眼凝视“X”，重复上面的活动，你注意到有什么不同？

思考

提出问题 写出用“X”和“O”研究视力的两个问题。

垒球比赛时，投手进入准备状态是一个令人激动的时刻。当他行动时，他一直看着好球部位。击球手看着投手掷出的球，然后挥棒。噼啪！击球手击中了球，扔下球棒，疾跑至每一垒。在家里的电视画面中，你看到球飞出了界外。是一垒打吗？左边接球手看到球离开球棒向他飞来，并过了他的头顶——两垒打！

每个选手都知道棒球运动的第一准则：一直看着球。当球移动时，眼睛必须不断地调整并聚焦在球上。值得庆幸的是，人眼球的焦距的变化能自动进行。

阅读指南

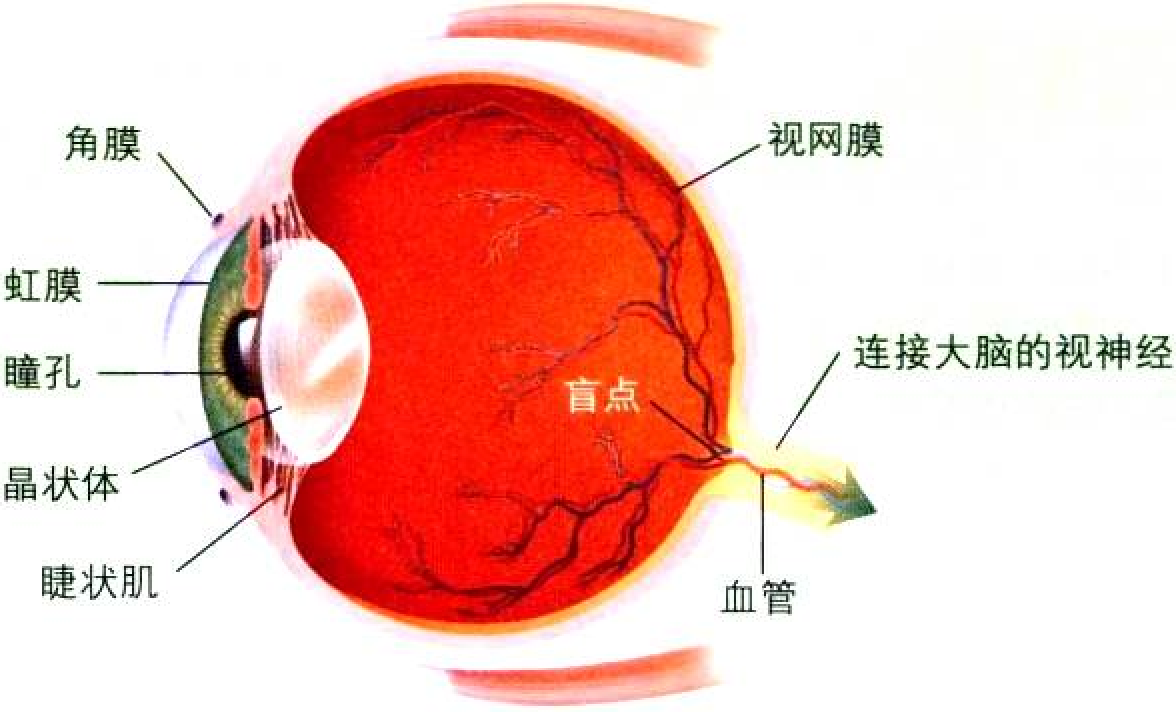
- 眼睛是如何看东西的？
- 可用来纠正视力的是哪种类型的透镜？

阅读提示 阅读时，用图表说明，光线是如何通过眼睛的，大脑是如何理解像的。



图4-20 当球在空中移动时，你的眼睛必须不断调整眼球的焦距以能看到球。

图 4-21 眼睛是视觉器官，光线从角膜和瞳孔出来，通过晶状体，射到视网膜上。然后视神经把信号传播至大脑。



人眼

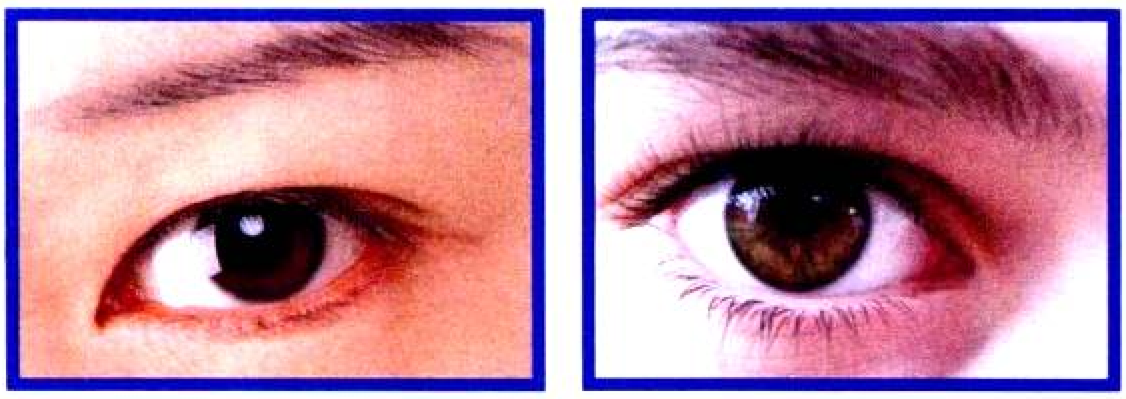
眼睛是一种复杂的人体器官，帮助你看东西时，它的每一部分都发挥各自的功能。**眼睛和大脑组织经过一系列的活动使你看到物体。**

角膜 光通过透明的称为角膜(**cornea**)的前表面进入眼睛。角膜能防止灰尘进入眼睛，它也起着透镜的作用，保证来自不同方向的光线都能进入眼睛。你的眼皮像一个小挡风窗，每次你眨眼时，还起到擦拭、清洁和湿润角膜的作用。

虹膜 **虹膜 (iris)** 可以改变进入眼睛的光线数量，是一块可伸缩的肌肉环。虹膜使眼睛带上了颜色。多数人的虹膜是褐色的，也有人的虹膜是蓝色或绿色的。

瞳孔 **瞳孔 (pupil)** 是眼睛中的黑色部分。事实上它是角膜覆盖下的一个洞。瞳孔呈黑色是因为它直通眼睛黑暗的内部。图 4-22 示意了虹膜是如何通过肌肉环的伸缩来控制瞳孔的大小的。在光线昏暗时，瞳孔变大，以使更多的光进入眼睛。在光线耀眼时，瞳孔变小，以减少进入眼睛的光线数量。

图 4-22 光线昏暗时，虹膜缩短，瞳孔变大，以使更多的光进入眼睛。
因果关系 在光线刺眼时，情况又如何？



晶状体 紧贴着瞳孔的是**晶状体(lens)**。晶状体相当于一个凸透镜。光线经晶状体折射后在眼球上形成一个像。图 4-23 示意了晶状体的焦距是如何变化的。当你看远方物体时，睫状肌放松，使晶状体变得既长又窄；当你看近处物体时，睫状肌拉紧，晶状体就变得既短又宽。

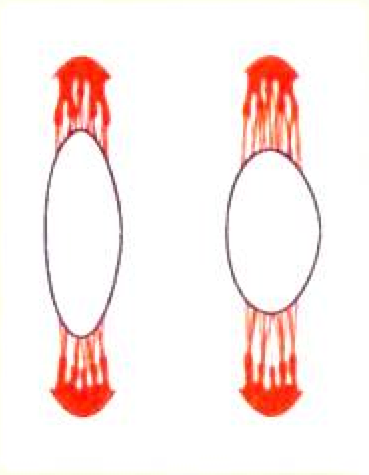


图 4-23 固定晶状体的睫状肌通过拉紧或放松来改变晶状体的形状。

视网膜 眼球内排列的一层细胞叫**视网膜(retina)**。角膜和晶状体折射光线时，倒立的像便在视网膜上形成。视网膜由数百万个被称作柱状体和锥形体的小光感细胞组成。当柱状体和锥形体受到光线照射时，就产生神经信号。

柱状体中含有对少量光产生反应的色素，它能区分黑、白和灰色阴影。这样，即使在昏暗光线下你也能看清物体，因此他们对于晚上视物是非常重要的。

锥状体对颜色做出反应。有三种锥形体，分别探测红色光、绿色光和蓝色光。锥形体细胞仅在白天发挥作用，这也是人为什么在昏暗的光线下很难辨别出物体颜色的原因。

视神经和大脑 柱状体和锥形体产生的信号传播至大脑中短而厚的**视神经(optic nerve)**上。当信号传达到大脑时，大脑自动把像转变为正立。大脑也把来自左眼和右眼的两个像合成为一个三维像。

视网膜上有一个点没有任何柱状体和锥形体，称为**盲点(blind spot)**。盲点是视网膜上视神经开始的地方。落到盲点上的光你看不到。但如果一个物体的光线落到了一只眼睛的盲点上时，通常另一只眼睛能够看到。如果你两只眼都睁开，你就不会受到盲点的影响。

想一想 ***眼睛的什么地方能形成像？***

纠正视力

如果人的眼球因某种原因变长或变短，视网膜上的像就会偏离焦点。这就需要通过配戴眼镜或隐形眼镜来纠正。**眼镜片有凸透镜，也有凹透镜。究竟配戴哪种镜片取决于眼球是太长还是太短。**

试一试

颜色错觉 活动

当你长时间看一种颜色时，锥形体会变得很疲劳。

1. 凝视下图旗帜左上角的五角星至少 60 秒，在这过程中不要移动或眨眼睛。
2. 现在凝视一张白纸。



观察 你看白纸时，你看到了什么？你看到的颜色和刚才的颜色有怎样的关系？

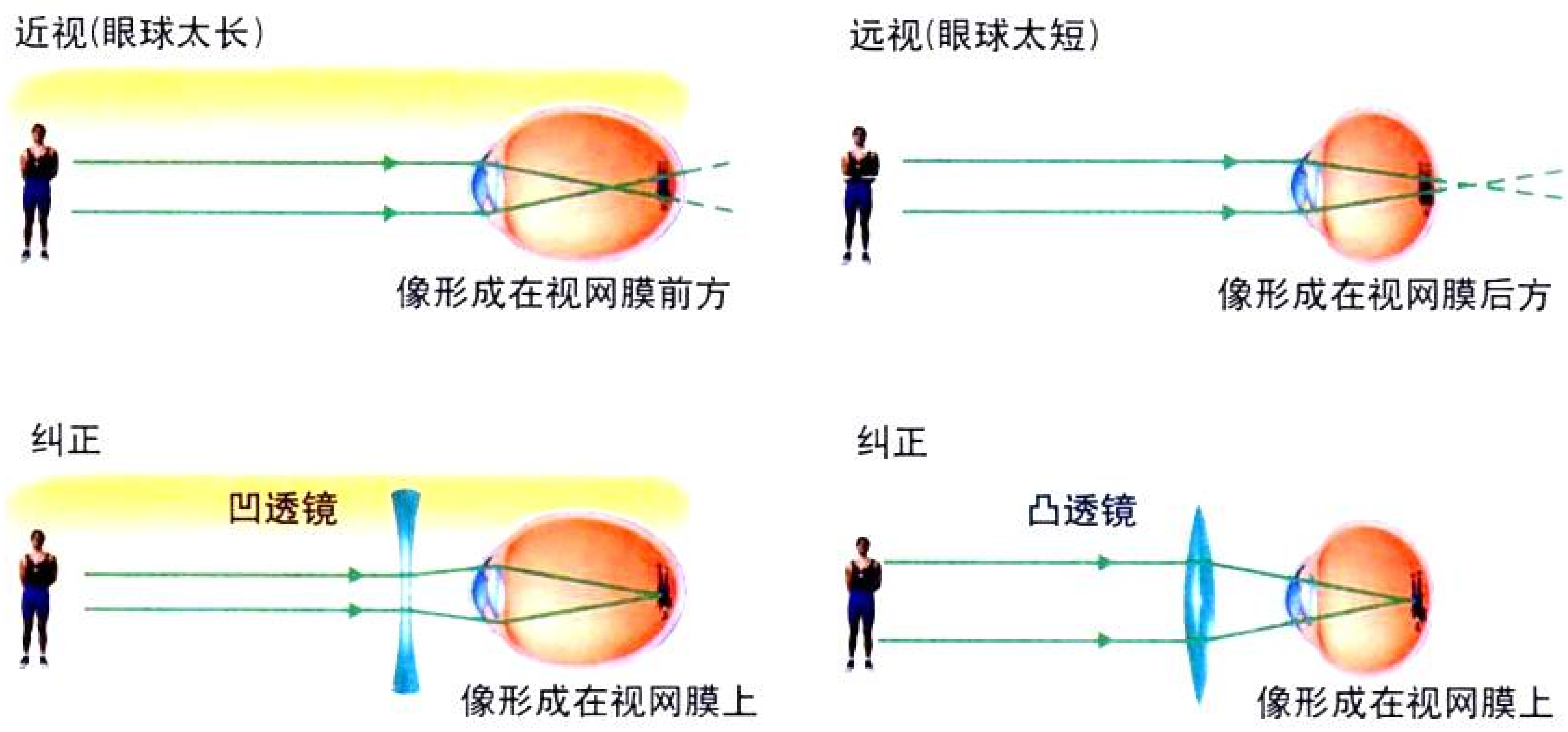


图 4-24 眼球太长或太短分别导致近视和远视。通过戴透镜都可以纠正。

近视 一个**近视 (nearsighted)** 的人能够清楚地看到近距离的物体，但看不清远处的物体。这是眼球太长造成的。晶状体把物体的像聚焦在视网膜前方。近视的人戴凹透镜眼镜就能看清楚。凹透镜把进入眼球的光线发散了一些，使形成的像向后移动了一定距离，使之正好落在视网膜上。

远视 一个**远视 (farsighted)** 的人能够清楚地看到远处的物体，但看不清近距离的物体。这是眼球太短造成的。晶状体把物体的像聚焦在视网膜后方。落在视网膜上的像是不聚焦的。远视的人戴凸透镜眼镜就能看清楚。凸透镜把要进入眼球的光线聚集了一些，以保证视网膜上有一清晰的图像。

第四节复习

1. 简单描述下列器官的视觉功能：角膜、瞳孔、晶状体、视网膜、视神经和大脑。
2. 瞳孔为什么会改变大小？如何改变的？
3. 导致近视和远视的原因是什么？
4. **理性思维** **对比** 比较、对比柱状体和锥形体的功能。

身边的科学

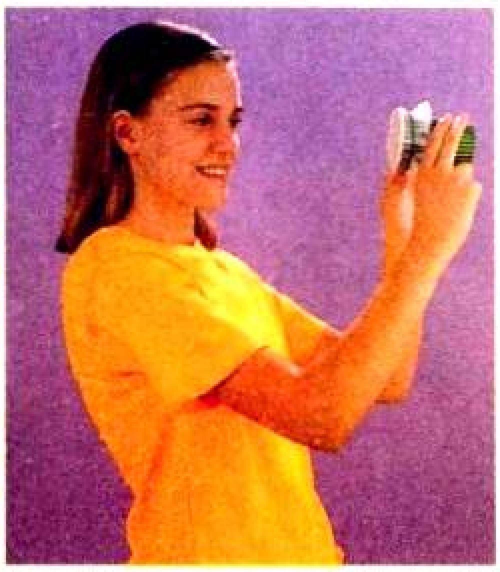
用一张纸卷一个圆筒，把一端放在右眼前。将左手放在圆筒外端的左侧，手掌正对双眼，睁开眼睛看远处的物体。试着画出你所看到的现象。你认为这种视觉幻像是什么原因造成的？

SECTION 5

光的应用

探 索 　活 动

小孔成像



1. 小心地用针在纸杯底部中心扎一个小洞。
2. 用蜡纸盖住纸杯杯口，用胶带固定住蜡纸。
3. 关掉房间的灯。把纸杯有小洞的一端朝向明亮的窗户。

   注意：不要直接看太阳。
4. 看蜡纸上形成的像。

思考

分类　描述你看到的像。它是倒立的还是正立的？比实际物体大还是小？像属于什么类型？

你是否看过木星的照片？你是否想过，若能飞近土星环，那是一件多么令人兴奋的事！你可能想不到，1600年以前没有任何人看到过木星和土星环。直到1609年，望远镜发明后才使地球人看见了那些天体。

自17世纪起，天文学家制作了高倍率的望远镜来观察遥远的太空天体。例如，三裂星云是距离地球28 380万亿千米的气体和尘埃星云。光从三裂星云传播至地球需要3 000年。

在学习了本节后，你将发现望远镜是多么简单的一种设备。你肯定会想，为什么没有人较早地发明它！

阅读指南

- 望远镜和显微镜的工作原理？
- 照相机的工作原理？
- 激光为什么具有普通光没有的性质，激光又是怎样产生的？

阅读提示　阅读前，预习本节，识别各种光学仪器。阅读时，在笔记上记下每种仪器通常是如何使用的。



三裂星云 ▶

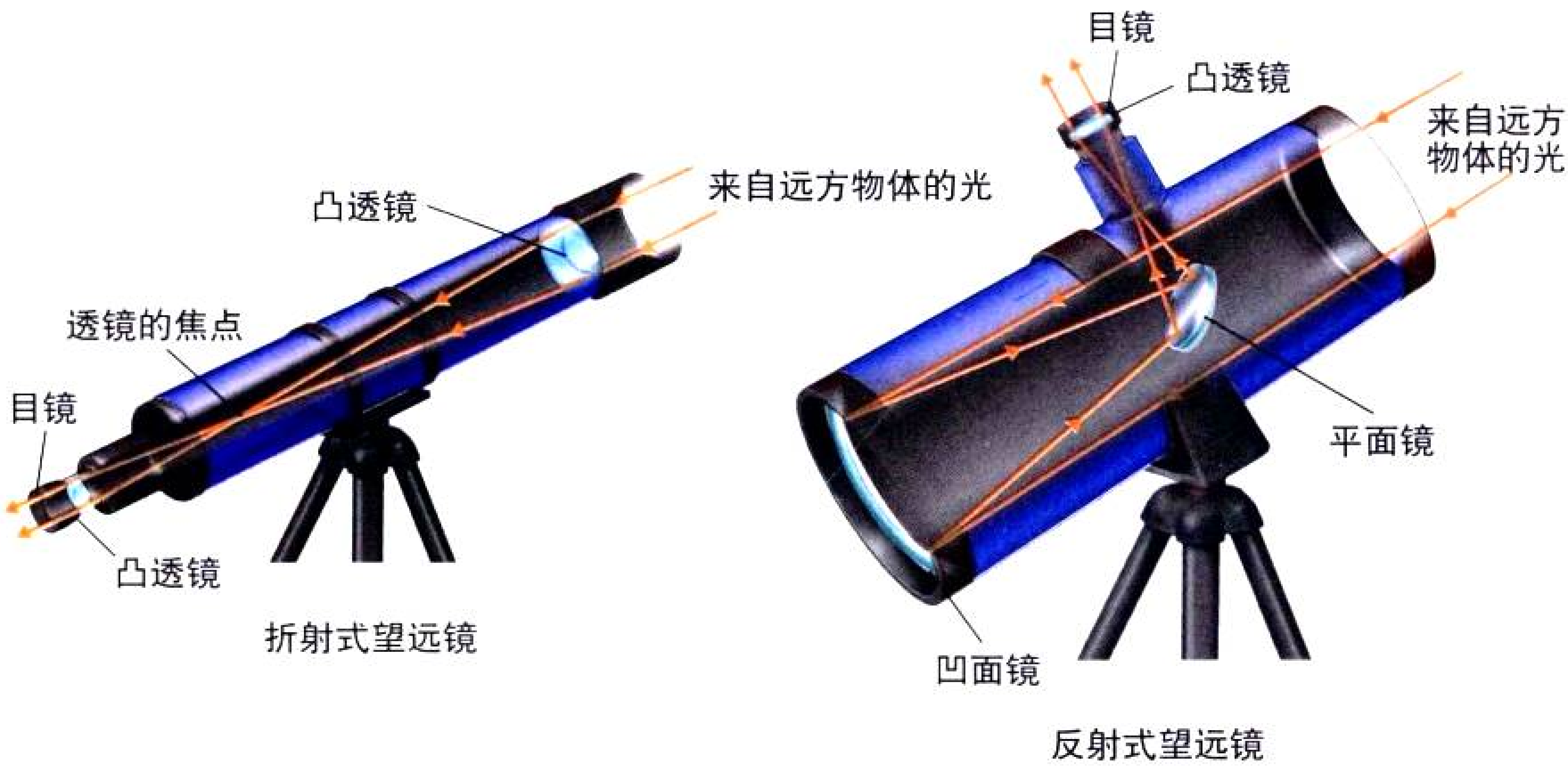


图 4-25 折射式望远镜(左图)用组合透镜成像。反射式望远镜(右图)用透镜与面镜的组合成像。

望远镜

远处的物体很难看清是因为物体发出的光到达你眼睛时已经发散，同时，眼睛又太小以致于不能收集到足够多的光线。**望远镜(telescope)**能将远方物体的像放大，**它用透镜或面镜收集、聚焦来自远方物体的光**。望远镜最擅长于收集来自太空的光线，这使天文学家能够看到单凭肉眼看不到的物体。

望远镜有两种类型：折射式望远镜和反射式望远镜，如图4-25所示。**折射式望远镜(refracting telescope)**由两个透镜组成。这两个透镜分别放置在镜筒的两端。大的是**物镜(objective lens)**，收集来自物体的光线并聚焦形成一个实像。靠近眼睛的是**目镜(eyepiece lens)**，目镜放大形成的像以便你能清楚地看到。通过折射式望远镜看到的像是倒立的。

反射式望远镜(reflecting telescope)用一个大的凹面镜收集光线。凹面镜收集来自远方物体的光线并聚焦形成一个实像。望远镜里面的小平面镜把像反射到目镜上。用照相机代替目镜可以拍下图像。通过反射式望远镜看到的像也是倒立的。

☑ **想一想** *望远镜有哪两种主要类型？*

试一试

透镜与景物 活动

用两个不同度数的便携透镜形成一个像。

1. 把大度数的透镜固定在眼睛附近。
2. 把另一个透镜放在另一手的上臂上。
3. 用这两个透镜的组合看远处的物体。

   提醒：不要直接对着太阳。调整远处的透镜，直到两个透镜形成的像变得清晰。

分类 你看到的像是什么类型的像？这两个透镜的组合类似于什么类型的望远镜？



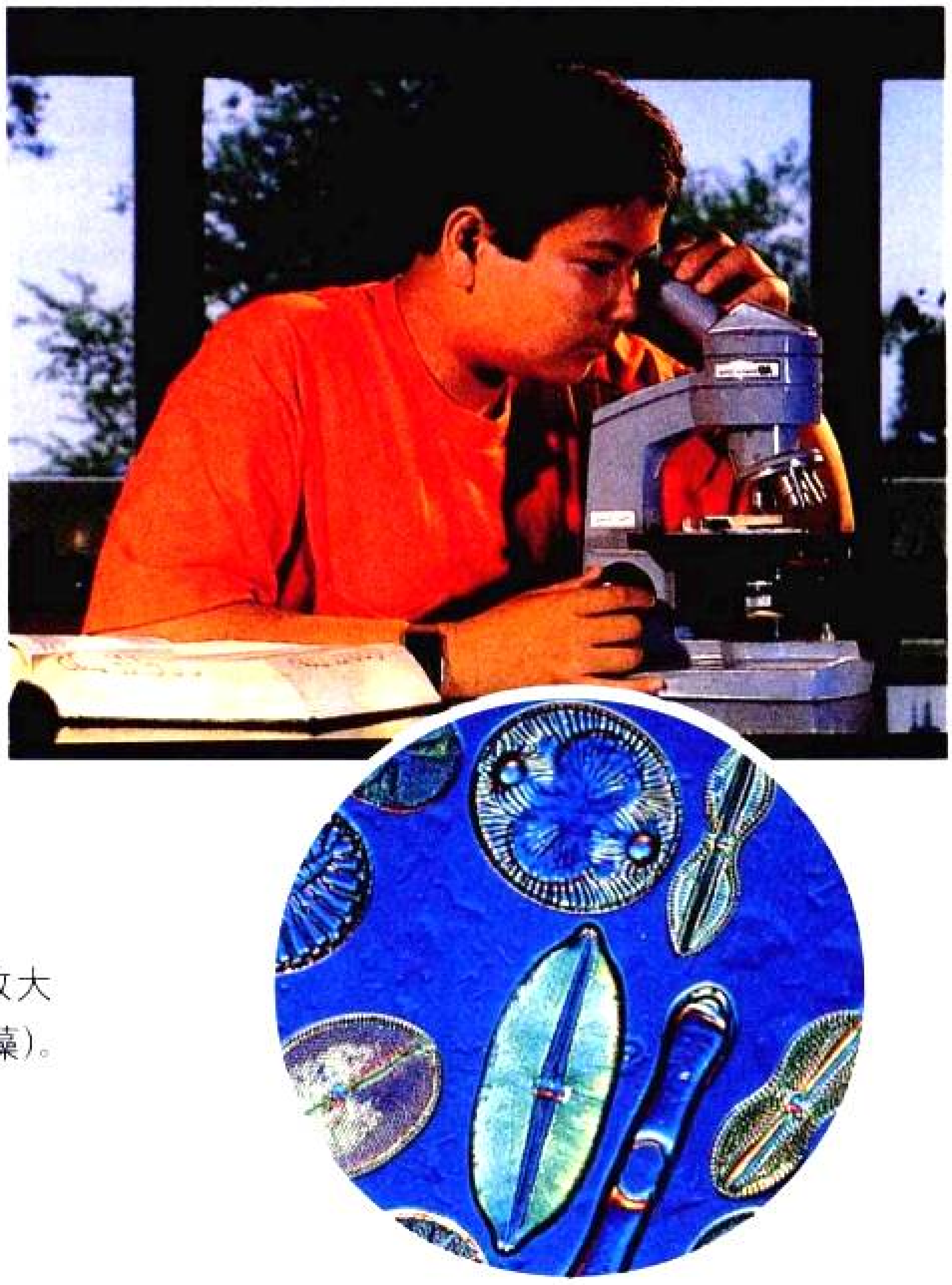


图 4-26 显微镜用透镜的组合形成小物体的放大的像。用显微镜能观察微生物(例如单细胞的海藻)。

显微镜

用望远镜看近处的一个小物体将发生什么现象？运用折射式望远镜的原理可以制成放大非常小的物体的仪器——**显微镜 (microscope)**，后者能形成一个微小物体的放大像。显微镜运用透镜的组合来产生放大像。

图 4-26 示意了显微镜的工作原理。要观察的样本放置在玻璃或塑料片上(称载玻片)，盖上覆片。载玻片被放到显微镜的平台上，光源或平面镜从下面照亮载玻片。离载玻片非常近的物镜形成微小物体放大的实像。目镜进一步放大像。像能比物体本身大几百倍。多数显微镜有 2 ~ 3 个物镜，可以根据你需要的放大倍数来选择。

照相机

照相机 (camera) 利用透镜聚焦光线并拍下物体的像。照相机从单孔相机到专业摄影师用的高技术相机，种类很多，但他们的工作原理基本相同。

单孔相机中，来自物体的光线通过一个小孔进入一个小盒子，在盒子背面形成一个倒立的实像。不过，多数照相机的结构是非常复杂的。

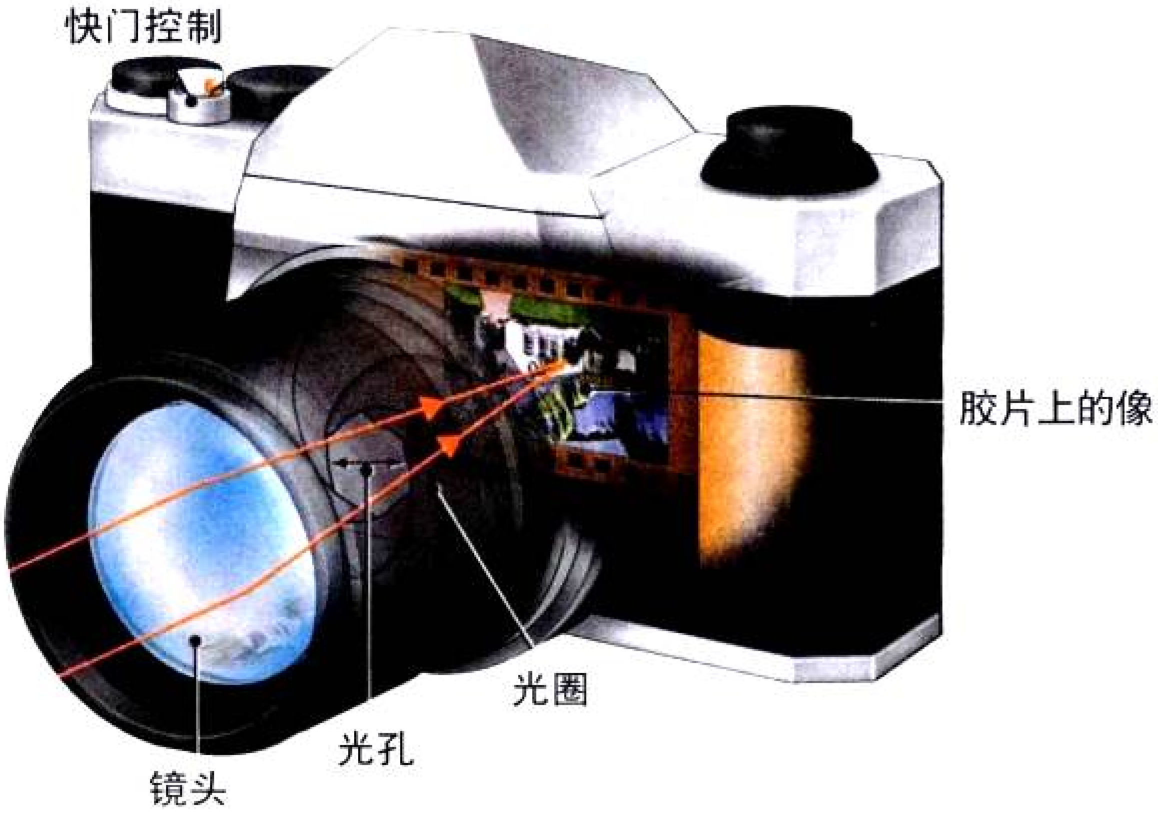


图 4-27 照相机用透镜把一个像投影在胶片上。
对比 *比较照相机的镜头、光圈、焦距和胶片分别对应眼睛的哪些部分。*

照相机的结构如图 4-27 所示。快门是光圈后面的一个小门或小洞。**你按下照相机的快门时，镜头打开，使光线进来并射向胶片。**快门速度是快门开合的时间，或称曝光时间。光圈通过改变光孔的大小控制进入照相机的光线数量。这与眼睛的虹膜通过改变瞳孔控制进入眼睛的光线数量一样。

在照相机里面，光线要通过一个凸透镜或透镜组合，透镜聚焦光线使之在胶片上形成一个实像。为得到清晰、准确聚焦的像，镜头必须根据物体的远近调整与胶片的距离。多数照相机通过旋转相机前方的环来移动镜头。自动照相机根据聚焦的要求，可自动移动镜头。

照相胶片上涂有在光作用下能发生化学变化的物质。通过化学反应，所成的像固定在胶片上，变成底片。将底片冲洗后，就能将像印在相纸上，这就是相片。

☑ **想一想** ***照相机的哪个部分控制进入相机的光线数量？***

激光

在一次激光演示中，一束细细的光迅速射向天空。这种光与普通光不同，称为激光。激光是一种高度聚焦且不会发散的非常窄的光束。激光能在一个平坦的表面上产生清晰、精确的像。激光的特性使它具有了许多特殊的用途。

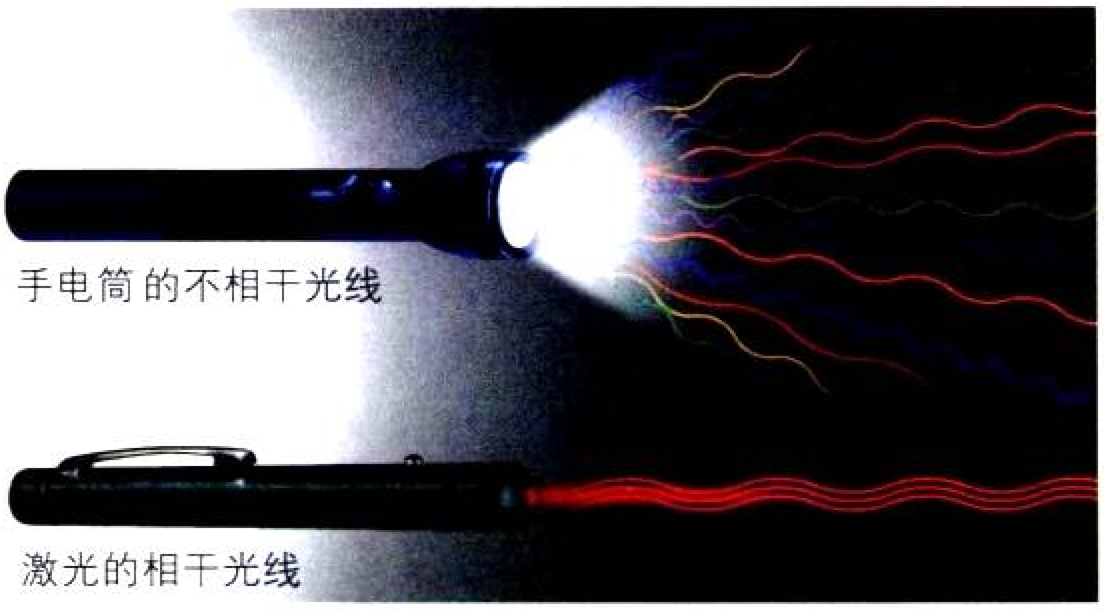


图4-28 白色光由不同波长和不同颜色的光组成。激光由一种波长的光组成。激光中所有光线的波峰都是同步的。

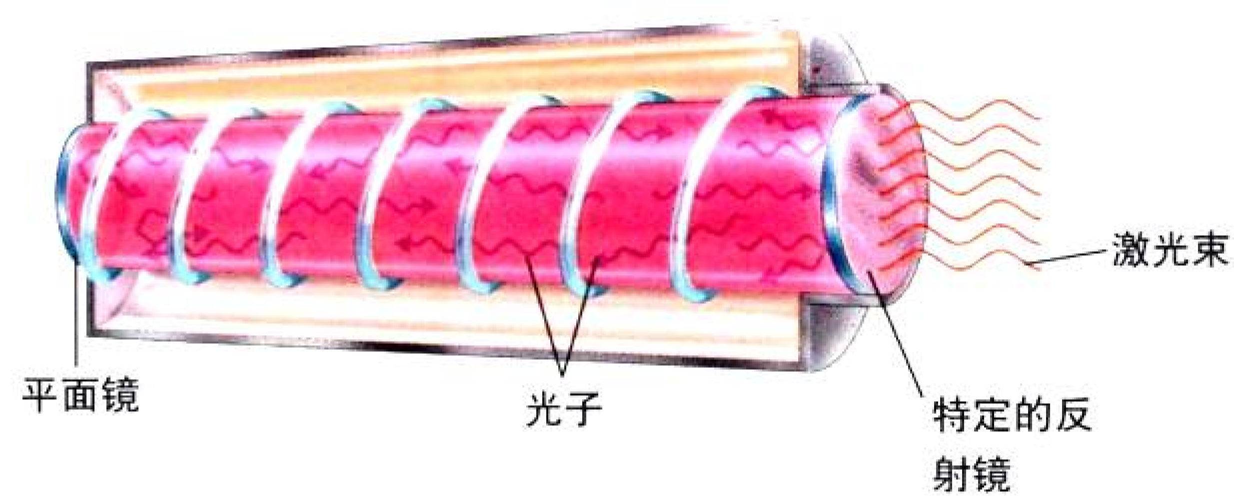
打开普通灯泡，光线四处发散，照亮整个房间。普通白色光由不同颜色、不同波长的光组成。**激光束由相同波长或颜色的光组成**。这种光波是相干的或同步的，所有波的波峰一致。

激光(laser) 一词来自描述激光如何工作的词的首字母：**通过受激辐射放大的光线(light amplification by stimulated emission of radiation)**。光放大意味着光线加强或能量更多。受激辐射意味着原子受辐射时发出光。

激光器由含有红宝石或氦氖混合物等物质的管子组成。所含的物质决定产生的光的波长。

电流、闪光或化学反应启动激光管中的物质发射光。光沿着管道上下传播。管道的另一端是一个平面镜。平面镜反射所有射向它的光子，光子然后传向管道另一端的反射镜。光子在管道中传播时，撞击其他原子，这些原子又发出更多携带能量的光子。光子不断传播，直到形成光子束。某些光线通过特定的反射镜“透”出。从管道中发出的这束光就是激光束。

图4-29 这个红宝石激光器图示意了在管道中运动的光子。从管道中发出的光就是激光束。



激光的用途

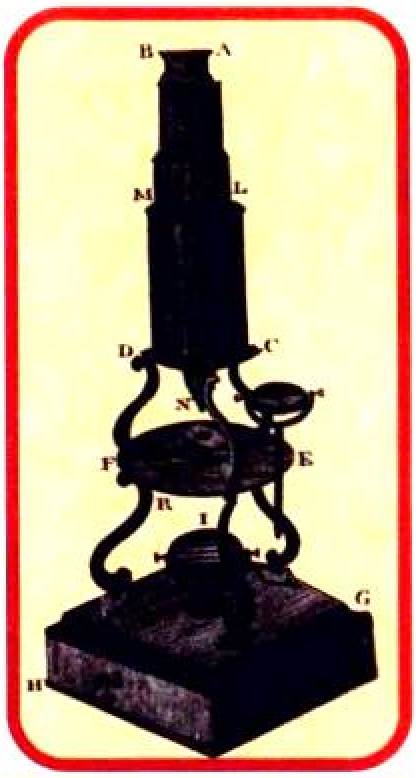
激光有许多实际应用。激光被广泛地用于测量和工程。笔直的激光束能用来测定表面是否水平，桥和隧道是否布置恰当。例如，激光束被用于引导工人挖掘英国和法国之间的海底隧道。能量大的激光甚至能够切割钢铁。许多商店和超市用激光扫描统一的商品编码或条形码，然后商店的计算机显示出商品的价格。

光盘 激光能用于储存和读取信息。将数据转化为电信号，电信号被转变为激光束，激光束在空白盘上刻上一组深浅不同的凹陷，这样就制成了光盘。播放光盘或用计算机读取时，激光束照到表面上，同时被反射。根据凹陷程度不同，反射光的形态发生变化。光

科学与历史

光学仪器

光学仪器的发展已经改变了我们观看世界的方式。这种发展导致了一系列重大的科学发现。





1595 年　荷兰

显微镜

据说，扎卡赖亚斯·詹森和他的父亲汉斯制造了第一台显微镜。詹森显微镜能产生物体实际大小 9 倍的像。17 世纪中叶的显微镜如图所示。

1300　1400　1500　1600

1350 年　意大利

眼镜

工匠制作了能装上框并戴在眼前的玻璃盘片。早期的眼镜由凸透镜组成，用于阅读。





1607 年　荷兰

望远镜

每一个望远镜由两个凸透镜组成。就是因为这样一个简单的改进，导致意大利科学家伽利略开发出了许多功能强大的望远镜。

盘播放器或驱动器把这些模式转变为电信号，电信号被送到麦克风，你就听到了声音或看到了图像。

外科手术 外科医生也能用激光而不仅仅是手术刀治病。激光

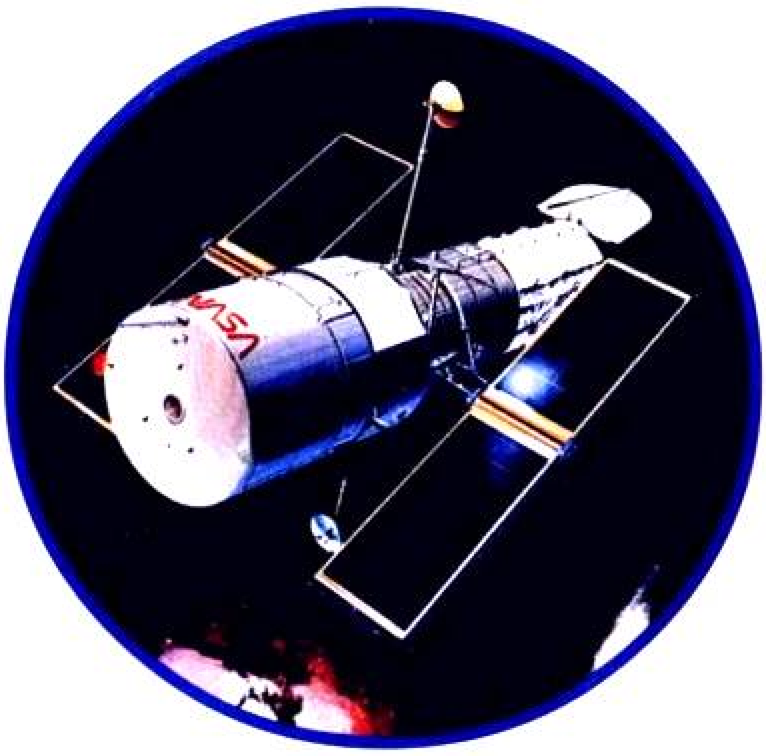
与健康科学的综合

束足以透过肌肉进行切割。激光治病时，它封住被切割的血管，减少病人血液流失。由于病人康复时间变短，激光治疗通常比常规手术恢复得更快。

眼科医生用激光治疗脱落的视网膜。如果视网膜从眼球内脱落，柱状体和锥形体不能再向大脑传递信号，导致失明或部分失明。医生能用激光“焊接”或把视网膜烧回眼球。激光还能用于摧毁或切除皮肤瑕疵及生长中的癌细胞。

阅读 DIY

寻找早期照片，了解那个时期人们对它的反映。然后把你自己想象成早期的摄影师，向那些从来没有看过照片的人解释照相。创作两页纸的对话，描述你对人们关于照相的过程和可能用途的回答。



1990 年 美国

哈勃太空望远镜

这个反射式望远镜是由发现号航天飞机发射的。它能探测到太空中的红外线、可见光和紫外线，并把照片传回地球。

1700 1800 1900 2000



1826 年 法国

照相机

最早的照相机属于单孔相机，是法国的约瑟夫·尼塞福尔·尼普斯和路易斯·达盖尔制成的。如图是尼普斯最早拍摄的照片。

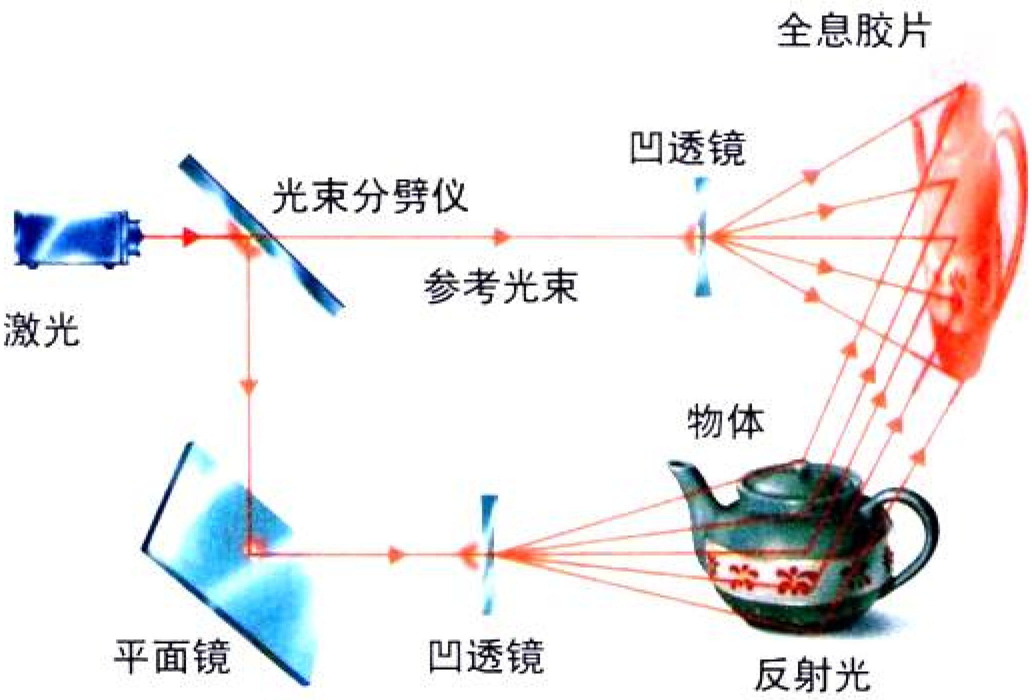


1960 年 美国

激光

美国人梅曼用红宝石制造了第一台激光器。从此，激光被广泛应用于工程、医疗和通信等领域。

图4-30 在拍摄全息照片时，激光器发出的激光首先被分成两束，当这两束经过了不同路径的光束发生干涉并射到同一纸片时，就形成了全息照片。



全息照相 走进音像店或路过报刊亭时，你可能会发现有些录象带和杂志封面上的图像好像也在跟着移动。这些图像就是全息照片。全息照片是用激光产生的三维照片。这种工艺叫做全息照相。

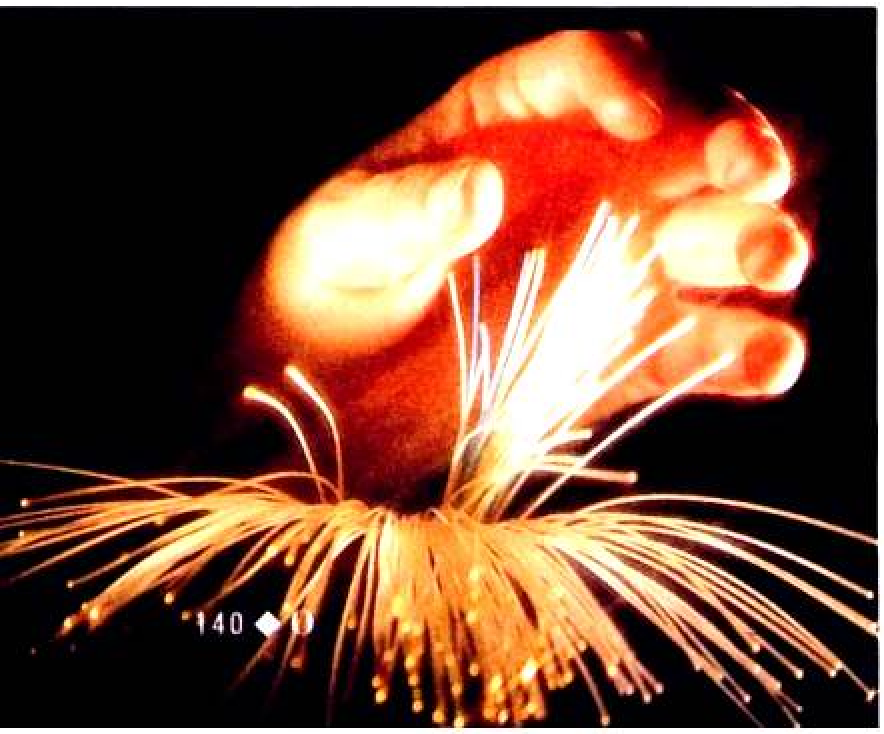
图 4-30 示意了如何制作全息照相。激光被分成两束，一束通过凹透镜，凹透镜后是一张照相胶片，凹透镜使这束光在射到胶片前发散。第二束光射向一个平面镜后被反射并通过另一个凹透镜，这个凹透镜后是被照相的物体。这束光在射到物体前也被凹透镜发散。然后，物体把第二束光反射到胶片上，并与第一束光发生干涉。两束光干涉的结果在胶片上记录下三维图像。

☑ **想一想** *激光有哪四方面的用途？*

光纤

激光也用于通信。激光束是单一波长的电磁辐射，类似于无线电波，因而借助某种调制方式可以运载信号。与无线电波不同，激光束不是通过空气传播，而是通过光纤传播。光纤是能远距离且不发生损耗地运载光的细长玻璃或塑料纤维丝。在马戏团表演和其他演示会上，一些观众拿着的灯具或小手电筒里就使用了这种光纤。

图 4-31 光纤是运载光线的细小玻璃或塑料纤维丝。



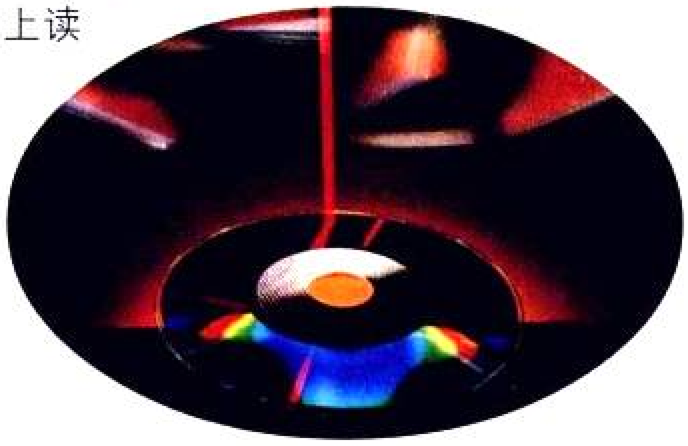
探索 激光的用途

激光的发明推动了技术和通信领域的许多重大进展。



▲ 建筑工程师用激光束测定建筑物是否垂直。

激光束从光盘 ▼ 的小凹陷上读取信息。



▼ 光纤能远距离地传递激光束。一小束光纤比传统的铜线电缆要多运载几千路电话。





▲ 超市扫描仪通过激光束读取商品的编码(条形码)。每种产品只有一个编码，这个编码代表这种商品在超市中的代号，计算机借助这个数字，可以将该商品的名称与价格显示在计算机的屏幕上。



小型的便携式激光器通常作为教鞭用于演讲或演示中。



◀ 因安全原因，银行现在在信用卡上贴上小的全息照片。全息照片使信用卡难以仿制。



▶ 激光外科医生通过角膜再成形手术纠正视力。

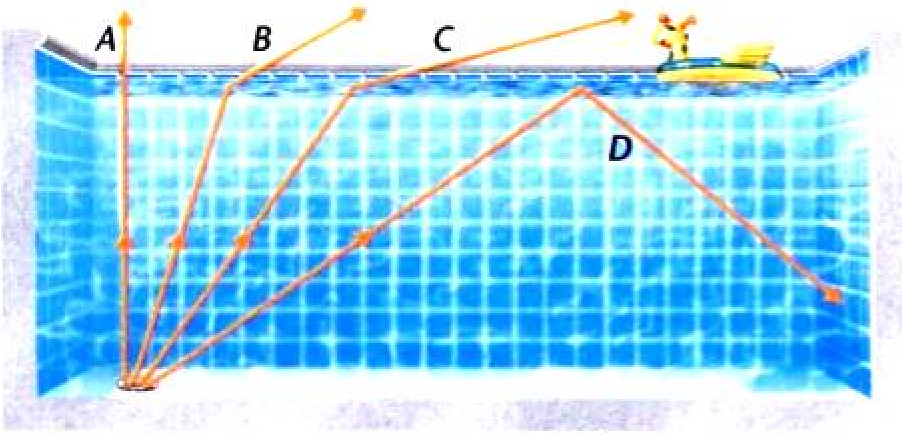


图4-32 光束的入射角度决定它是否能离开介质。如果角度足够大，光能被反射回水中。

图4-32示意了光为什么能够留在介质中而不传播到介质外。当光束以0°角射入介质表面时，光束不发生弯曲而直接穿过表面。随着入射角的变大，光束越来越弯曲。当光束几乎平行于表面传播时，所有的光线都被反射。这种在介质内表面完成的光反射传播叫做**完全内反射(internal refection)**。图4-33示意了激光束是如何在光导纤维中通过反射传播的，这种传播不受光导纤维弯曲的影响。

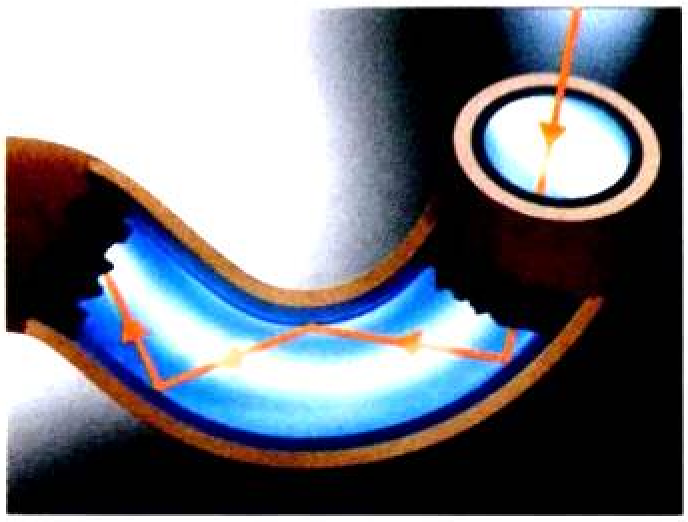


图 4-33 光以完全内反射的形式通过光导纤维。

通信 为了通过光导纤维传送信号，始自铜线的电信号通过激光器被转化为光脉冲。然后信号在光导纤维中进行长距离的传送。光导纤维的发展使电话、计算机网络和有线电视系统得到了极大的改善。光导纤维比铜线传送的信号更快、更便宜。一根细光导纤维能同时承载几千路电话。光导纤维比铜线细很多，因而相同的地下空间能够放置更多的光导纤维。

医疗 光导纤维在医学上也得到了广泛的应用。例如，在光导纤维装安装电子探头，然后插入人体的某些部位，如心脏或胃，再利用显示设备，就能让医生清晰地看到这些部位的状况。用这种方式，医生不用进行外科手术就能诊断人体的内部器官。

第五节复习

1. 比较和对比折射式望远镜和反射式望远镜的异同。
2. 显微镜是如何工作的？
3. 为什么照相机产生的是一个倒立的像？
4. 激光束是什么？
5. 描述光导纤维的两种用途。
6. **理性思维** **作出判断** 你认为看一束激光危险吗？为什么？

课题 4

检查进度

现在是测试你的光学仪器的时候了。它能按你设计的那样工作吗？你能调整平面镜或透镜来改变像的焦距吗？可移动部分可以平滑和方便地移动吗？调整你的仪器，使它能更好地工作。准备一本描述和解释仪器各部分功能的小册子。

学习指南

SECTION 1 反射和面镜

主要概念

- 射向物体的光能被反射、吸收或传播。你能看到物体是因为物体能反射光。
- 平面镜产生与物体大小相同、正立的像。
- 凹面镜既能形成虚像，也能形成实像。凸面镜形成的总是虚像。

关键术语

不透明　透明　半透明　光线
单向反射　漫反射　像　平面镜
虚像　凹面镜　焦点　实像
凸面镜

SECTION 2 折射与透镜

主要概念

- 光线以一定角度射到介质表面时，光速的变化导致光线弯曲而改变方向。
- 凸透镜形成的像的类型取决于物体相对于焦点的位置。
- 凹透镜只能产生虚像。

关键术语

折射率　透镜　凹透镜
海市蜃楼　凸透镜

SECTION 3 颜色

主要概念

- 你所看到的物体的颜色，是物体反射的那些光的颜色。光的三原色是红色、绿色和蓝色。
- 当颜料混合在一起时，多数彩色光被吸收，很少一部分彩色光被反射。

关键术语

原色　补色　合成色　颜料

SECTION 4 看见光

主要概念

- 你能看见物体是因为眼睛和大脑的各个组织进行了一系列的活动。
- 凸透镜能用于纠正远视，凹透镜能用于纠正近视。

关键术语

角膜　视网膜　视神经
虹膜　柱状体　近视
瞳孔　锥形体　远视

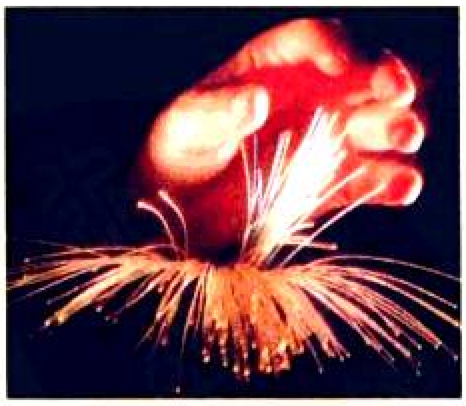
SECTION 5 光的应用

主要概念

- 望远镜用透镜或平面镜收集大量光线。
- 显微镜用透镜的组合产生和放大像。
- 用照相机照相时，打开快门，就能让光线射向胶片。
- 激光束由相同波长的波组成，因此颜色相同。波是相干的或同步的。

关键术语

望远镜
折射式望远镜
物镜　目镜
显微镜
照相机
激光　全息照相
光导纤维
完全内反射



第4章复习

活动

相关网站

www.science-explorer.phschool.com

复习题

选择题

(选择最佳答案)

1. 不发光的物质是 ____。
   a. 半透明的　b. 不透明的
   c. 透明的　d. 极化的
2. 从凹凸不平的表面发出分散的光线叫做 ____。
   a. 单向反射　b. 折射
   c. 漫反射　d. 完全内反射
3. 凸透镜能形成 ____。
   a. 实像或虚像　b. 虚像
   c. 实像　d. 一种反射
4. 眼睛的有色部分称为 ____。
   a. 视网膜　b. 角膜
   c. 虹膜　d. 瞳孔
5. 激光产生的光 ____。
   a. 由多种颜色的光组成
   b. 向各个方向发散
   c. 是不相干的
   d. 是相干的

判断题

如果下列命题正确，写“T”；如果错误，写“F”，并修改划线部分。

6. 一个看上去确实在那里的像是实像。
7. 中间比边缘薄的透镜是凹透镜。
8. 红色物体在绿光下呈现蓝色。
9. 远视能用凸透镜纠正。
10. 全息照相是能长距离传输光的细长玻璃或塑料纤维。

简述题

11. 描述实像与虚像之间的相同点和不同点。实像和虚像分别是如何形成的？
12. 解释海市蜃楼是如何形成的？
13. 为什么你看到玫瑰花瓣呈红色，而叶子却呈绿色？
14. 光在某种物质中传播的速度与该物质的折射率存在怎样的关系？
15. 解释照相机的工作原理？
16. **科技写作**　如果你被推荐参加光学仪器制作比赛，请你选择一种认为在社会中有最重要作用的仪器。写一篇产品推荐讲稿来描述你选择该光学仪器的几个理由。

形象思维

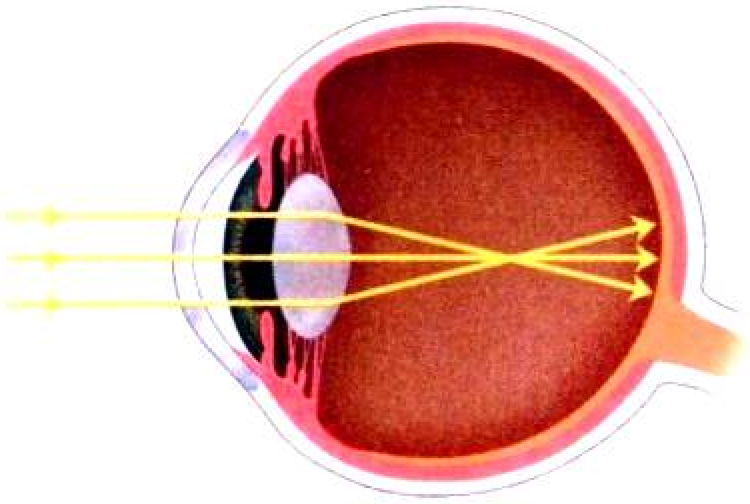
17. **比较／对比表**　把面镜和透镜的类型抄在一张纸上。填写下表，并为之配上标题。(更多的比较／对比表格，见技能手册)

面镜的类型	如何影响光	形成的像的类型
平面镜	反射	a. ?
b. ?	c. ?	实像或虚像
凸面镜	反射	d. ?

透镜的类型	如何影响光	形成的像的类型
凸透镜	e. ?	f. ?
g. ?	h. ?	虚像

应用技能

运用图示回答问题18～20。



18. **分类** 这只眼睛存在哪类视力问题？

19. **问题解决** 哪种透镜能纠正这个视力问题？

20. **交流** 把这个图抄在笔记本上。在图上增加用来纠正的透镜，示意透镜如何使像落在视网膜上。

理性思维

21. **应用概念** 平面镜能产生实像吗？解释为什么。

22. **对比** 彩色光的混合与颜料的混合有什么不同？

23. **因果关系** 解释为什么在昏暗的光线下只能看到灰色阴影？

24. **比较与对比** 显微镜与折射式望远镜的相似之处和不同之处？

25. **问题解决** 望远镜产生倒立的实像。如果想看到一艘远离海岸的航船，如何修改望远镜以能看到船的正立像？

26. **概括** 解释为什么激光决不会是白色的？

学习评估

课题4 小结

实验汇报 向全班同学说明你的光学仪器。用图表说明仪器中的平面镜和透镜如何反射或折射光线。解释仪器如何工作和如何使用。

思考与记录 考虑仪器的设计和效果。哪些部件的工作达到了预期的水平？你还需要做什么改进？你的仪器与其他同学的仪器相比，有什么相似点和不同点？

实践活动

在社区 到附近商店寻找各种透镜和平面镜，看看它们各有什么用途。你看到了哪些光学仪器？它们的主要用途是什么？这些仪器已经用了很长一段时间，还是相对新的？制作一份海报说明你发现的光学仪器及用途的不同之处。



电影的魔力

光！照相机！特技！

- 一只恐龙，12英尺高，从森林中发出怒吼。
- 一艘奇异的飞船降落在华盛顿。
- 一只猪正在指挥绵羊前进。

你看电影的目的是希望获得娱乐，电影使你或笑或哭或被感动。虽然电影仅仅是以非常快的速度演示的一系列照片，但在美国，每周仍有数百万人去看电影。

电影产生在大约100年前。但直到1927年，电影还是无声且黑白的。在20世纪20年代末和30年代，电影工业发生了一场革命。制片人在原有电影中增加了声音，制作了第一部“有声电影”。不久，又增加了颜色，诞生了彩色电影。

是什么因素使得电影具有如此的魅力？电影的魅力主要来自于导演对于光、色彩、特殊效果、摄影角色、编辑和计算机制作等的巧妙运用。这些技巧创造了电影中诸如恐怖、兴奋或浪漫等各种让人产生奇妙感觉的场景。

精选观点

电影剧作家以特定的观点为电影写剧本或故事。这样，当电影借助影片主角讲述一个寓含了某种观点的故事时，观众就可以分享演员的想法和感受。在有些电影中，常通过一个人的“旁白”讲述一部分故事。如果你是讲述故事的主角，你就说：“当我的马车到达山顶时，我看到了美丽的日出”。在另一些电影中，则通过不出现的讲述者给出旁白，还可以不同的观点描述同样的场景。例如，对上述同一场景，他会说：“当马车到达山顶时，缓缓升起的太阳照在疲惫的马和一个更疲惫的车夫身上。”两种不同的旁白，给观众的感受是不一样的。

电影**《巴比》(Babe)**以讲述者的旁白开始，描述了一群离开农场的猪的故事。然后摄影机集中到一头能与他的动物朋友交流的小猪巴比身上。电影在巴比和讲述者的观点间交替变化。

摄影机通过场景的移动，从一个角色转移到另一个角色。例如在与医院有关的场景中，摄影机一会儿用仰视的角度拍摄病人，一会儿又从俯视的角度拍摄病人，还会从医生、护士或病人家属的视点拍摄。

编辑是电影制作过程中的关键。电影编辑和导演决定观众在每个时段将看到什么内容、动作和对话，通过这些方面的调控以使观众喜欢或敬佩一些角色而厌恶另一些角色。

这些摄影师正在拍摄一部讲述19世纪30年代发生在法国的故事的影片



语言艺术活动

想一想你想当作电影看的一个故事或读过的一本书。用1～2段文字写出影片情节梗概。然后运用电影的手段，说明你想通过故事展现的观点。为什么你选择这种观点？

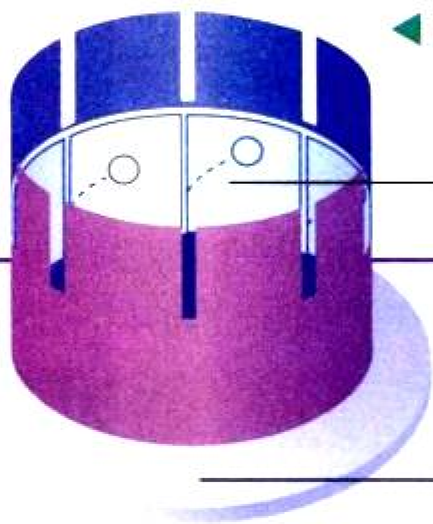
静止的图片是如何变成活动的电影的

电影开始了。你看到了什么？匆匆行走的路人，还是奔驰的轿车？其实，你所看到的一切，都是你的眼睛产生视觉幻觉的结果。电影，是投影在银幕上的一系列快速移动的图片。由于图片移动的速度太快(每秒24张)，你的眼睛无法跟上，因而使原本静止的图片让人看上去是活动的。

看电影时，你的眼睛只能看每张图片的很小一部分，然后就被下一张图片替换。图片移动如此之快，以至于当一张图片离开时大脑还继续在看它。这被叫做“视觉延续”，它产生动作幻觉。

19世纪的许多发现和发明组合制作了第一部动画片。例如，在1834年发明了一种叫“西洋镜”的玩具。西洋镜里有一个带裂缝的像鼓一样的设备，上面有很多图片。通过裂缝可以看到这些图片，如果快速旋转鼓，则这些图片也跟着快速转动，人就看到了活动的图片。

19世纪末，美国发明家爱迪生发明了电影照相机。这种照相机使用了一种涂有感光材料的**赛璐珞(celluloid)**塑料胶片。爱迪生制作的胶片有35毫米宽，今天的电影胶片仍然是这种宽度。爱迪生在胶片的同一边缘上打洞，以使胶片能在轴上缠绕。如果你在电影院装过胶片，你肯定看到过这些洞。20世纪20年代末，制片人在胶片的另一边缘增加了洞，用于播放声音。



科学活动

制作一个西洋镜，产生可活动的图片。

- 剪一张45.5厘米长、7.5厘米宽的白纸，将其分成8等分。
- 在第一等份的中心区，画一幅物体的简单轮廓图(如动物或人)
- 在第二等份中央再画该物体，但是稍微改变一下位置。重复这一步直到每个等份中都已经画了物体。记住，下一图均比上一图稍稍改变一点位置。
- 剪一张45.5厘米长、15厘米宽的黑色玻璃纸。
- 在黑色玻璃纸上半部分每隔5.5厘米共剪8个垂直裂缝，每个裂缝4毫米宽、7.5厘米深。
- 把黑色玻璃纸粘成一个圆环，使裂缝朝上。
- 把图片纸也粘成一个圆环，注意图片在里面。滑动黑色圆环内的纸条就制成了西洋镜。
- 把西洋镜放在一个电唱机或旋转餐盘中心。一边转西洋镜，一边通过裂缝观看。你看到了什么？







模型制作者建造了许多小比例船模型，用于拍摄电影《泰坦尼克》。

制作模型

一艘豪华轮船正在沉没、一列燃烧的火车发生了爆炸、一座被地震毁坏的城市，所有这些场景在屏幕上看上去都像真的一样。但制片人不会让船真的沉没或毁坏城市。他们用的是模型。

一部电影经常用各种大小不同的模型。例如，拍摄《泰坦尼克》电影时，制片人建造了几乎与该船的侧面同等大小的模型，它漂浮在足有6500万升水的大池塘里。另一个大池塘里漂浮着与实物有相同大小的房间和船甲板的模型。这些模型被用作拍摄的场景。

拍摄时使用的是按比例缩小的泰坦尼克模型。比例是模型与实际物体的比数。一个泰坦尼克模型以1∶20比例(模型中的1米相当于实物的20米)制作。即使如此，这个模型仍有14米长。在模型内增加窗帘和家具，以使模型看起来好像真的一样。用模型场景拍摄后，再运用计算机附加上水、烟囱上的烟以及乘客的图像。

模型必须成比例。例如，如果一辆轿车有3.5米长(350厘米)，以1∶16比例制作的模型应是约22厘米长。以1∶4比例制作的较大模型轿车应是约87.5厘米长。

拍摄时运用各种技巧可以使模型看上去更加逼真。因为比实际物体轻许多，模型的运动与实际的情况会有些差别。例如，撞到墙上，模型轿车可能弹回来。为了解决这个难题，导演常用慢速度拍摄缩小的模型。这使模型运动起来看上去像更大、更重的物体。其他的拍摄技巧能使小模型看上去很大且很远。

数学活动

画一个如房间内部或城市景观这样的简单场景的草图。在场景中选4个物体或测量每个物体的实际大小。物体可以是椅子、人、轿车或摩天大厦。(注意：现代建筑物的一层楼约为3米)确定模型的比例，如1∶4、1∶12、或1∶16。在明确了物体的实际大小后，计算每种比例下模型的大小。

社会研究



月球之旅，1902 年
这部法国早期拍摄的电影表达了天文学家的梦想。图片展示了旅行到月球的人在太空舱里用大炮射击。



他们！1954 年
在这部 1954 年拍摄的电影中，因美国西南部的核试验产生了一种因物种发生了突变而出现的大蚂蚁。

反映时代

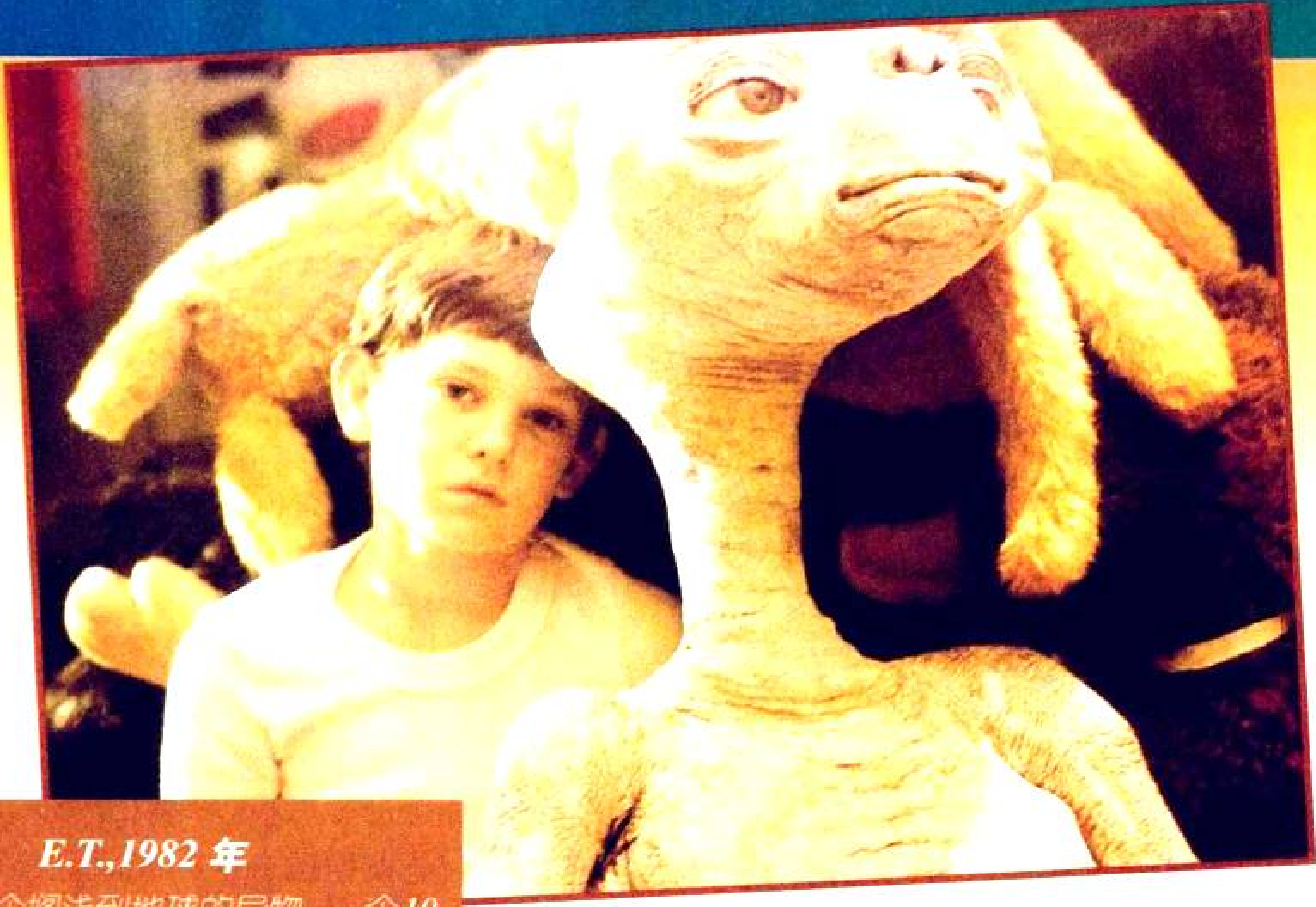
制片人在进行新影片的构思时，他们首先考虑的是人们对看什么感兴趣。制片人想知道什么对人们最重要。科技进步和近期发生的重大事件都能深刻地影响人们。因此，电影常常反映人类生活的变化。

20世纪初，人类刚开始在空中飞行。而20世纪20年代和30年代的早期电影中，人类飞行仅仅只是一种科学幻想。

20世纪50年代，太空飞行技术发展很快。1957年，苏联发射了第一颗人造卫星。不久，美国和苏联在太空探索方面进行了激烈的竞争，两国都制造了威力强大的核武器。有关核战争的想法在人们中造成了恐慌。50年代的许多电影都反映了人们的这种恐慌。巨大的昆虫和怪物出现在电影屏幕上。科幻电影中，外星人入侵地球的场景经常出现。

60年代，美苏宇航员和空间科学家间的“太空竞赛”越演越烈。1969年7月，三个美国宇航员成为第一批登上月球的人。其后，飞船探测器发回了其他行星的照片。这些太空飞行使人们产生了进行太空旅行的想法。同时，随着计算机的广泛应用，一些人担心它会控制人类。1968年拍摄的电影《2001年：太空旅行》中计算机 HAL 就表现了人们的这种担心。

80年代和90年代有关太空的科幻片得到了普及，那时，计算机已成为日常生活的一部分。这时期的电影中，计算机不再是让人担惊受怕的“怪物”。



E.T.,1982 年

E.T.是一个搁浅到地球的异物。一个10岁小男孩发现了它，他们成了朋友。

90年代，美苏之间的紧张关系开始缓解。现在看来，这种关系的发展要比20世纪50年代的电影所表现的更乐观。流行的电影如《E.T.》和《第三类接触》——对于来访地球的外星异物，影片中的人物更多地显示出好奇心，而不是恐慌。电影《黑暗中的人们》中的许多特写景头，表现的常常是幽默而是不令人恐怖的异物。

社会研究活动

回想一下你和其他人最近看过的电影。与你的同班同学组织一个座谈会，讨论电影与时事之间的联系。想想你周围世界已经发生的变化。太空探测器、星球探索、计算机、视频游戏、互联网和政治事件如何影响电影?

综合练习

拍摄电影

把制作电影的想法付诸实践。与你的同班同学一起，设计一部短电影(10~15分钟)。如果可能的话，用摄像机制作电影。运用你所学过的知识、运用恰当的比例并进行编辑。

- 考虑电影的主题或事件，写出电影剧本大纲。
- 小组人员一起制作情节串连图板——画电影中的关键场景。
- 选择导演、演员、摄影师和剪辑者。
- 安排人员设计灯光、声音效果，制作模型、道具、背景绘画和摄影。
- 拍摄和编辑电影后，在学校演示给其他学生看。

像科学家那样思考

也许你没有意识到，其实你每天都在像科学家那样思考。当你提出一个问题，并去寻找各种可能的答案时，会用到许多科学家们也在使用的技能。下面就来介绍其中的一些技能。

观 察

当你用一种或多种感官去搜集有关这个世界的信息时，就是在**观察(observe)**。聆听狗的叫声，数十二颗绿色的种子，或是闻飘来的气味都是在进行观察。科学家们为了提高他们感官的灵敏度，有时还需要使用一些辅助工具，比如显微镜、望远镜等，使观察更为详尽。

观察必须真实和准确，即必须如实反映所感知的事物。在探索科学时很重要的一点，就是要把观察到的内容仔细地记录在笔记本上，可以通过文字描述或者绘图等多种形式。通过观察得到的信息称为证据，或者说是数据。

推 理

当你对观察到的现象做出解释时，就是在进行**推理(infer)**，或者说做出推论。例如，当听到你家的狗在"汪汪"直叫时，你可能会推想有人正在你家门外。要做出这个推论，你需要把现象——狗叫声——以往的经验知识，即当有陌生人接近时狗往往会叫——结合起来。只有这样，才能得出符合逻辑的结论。

要注意，推论不一定就是事实！它只是对现象的多种可能解释中的一种。比如你的狗也可能因为想出去散步而直叫。哪怕是根据正确观察和逻辑推理而做出的推论，最后仍然可能会发现它是错的。要证明推论正确，惟一方法就是再进行进一步的调查。

预 测

气象预报会对第二天的天气做出许多预测——温度将会是几度、是否会下雨、风力有几级。预报员用观察和关于气象变化的知识来预测天气。这种**预测(predication)**技能实际上是根据现有证据和既往经验对将来的事件做出推论。

由于预测是推论的一种，所以它也有可能会出错。在上科学课时，你可以通过实验来检验预测的正确性。例如，假定你预测大的纸飞机能比小的飞得更快，那么该怎样来检验你的预测呢？



活 动 看这张照片，回答下列问题。

观察 仔细看照片，然后列出至少三条观察到的信息。

推理 通过观察，对所发生的事情作一推论。你是用了什么经验或者知识来做出这一推论的？

预测 预测接下来会发生什么。你的预测是基于什么证据或者经验的？

分 类

你能想像在一个排列无序的图书馆里寻找一本书是怎样一种情形？恐怕你一整天时间都得花在找书上了。幸运的是，图书管理员会把相同主题或者同一个作者的书归类到一起。把某些特征相似的物体归类到一起的方法称为**分类(classify)**。你可以根据大小、形状、用途和其他一些重要特征来进行分类。

科学家们也像图书管理员一样，用分类的方法把信息或者事物有序地组织起来。对事物进行分门别类以后，它们互相之间的关系就变得清晰易懂了。



活动

根据你所选择的一种特征，把照片中的这些水果分成两类。然后再选择另一种特征，把它们分为三类。



活动

这个学生在用模型来演示地球上的昼夜是怎样产生的。请问模型中的手电筒和网球分别代表什么？

建立模型

你是否曾经用过画图的方法来帮助别人理解你所说的意思?这样的图画就是一种模型。模型是用来显示复杂事物或过程的表现手段。如图画、图表、计算机图像等。**建立模型(making model)**能帮助人们理解他们无法直接观察到的事物。

科学家们经常用模型来代表非常庞大或者极其微小的事物，比如太阳系中的行星、细胞的细微结构等。这些模型是物理模型——能直观反映真实物体形状的图画或三维结构。另外还有一些抽象模型——能描述事物活动规律的数学方程式或者描述性文字。

交 流

当你在打电话、写信或听老师讲课时，都是在进行交流。**交流(communicate)**就是与其他人交换看法、分享信息的过程。有效的交流需要许多技能，包括听说读写以及建立模型的能力。

科学家们通过交流来了解彼此的研究成果、信息和想法。他们经常通过科学期刊、电话、书信以及互联网络来交流他们的工作。他们还通过参加各种学术会议来交换看法。

活动

在一张纸上详细清楚地写下你系鞋带的各个步骤，然后与你的同学交换，再按照他写的步骤来系鞋带。你能按他的方法系好鞋带吗？如果要把步骤说明得更清楚些，你的搭档还应该再做哪些改动？



动手测量

当科学家们进行观察时，仅仅得出结论说某件东西“大”或者“重”是不够的。他们必须用工具来测量这个东西究竟有多大或多重。通过测量，科学家能把他们的观察结果表达得更为精确，在交流时就能给出更多的信息。

使用国际标准计量单位

全世界科学家通用的标准计量系统是**国际标准计量单位（International System of Units，简称SI）**。SI的单位使用方便，因为它们都是十进制的。每一个单位都是它下一级单位的十倍，同时也是上一级单位的十分之一。右表中列出了SI单位最常用的一些前缀。

SI单位的常用前缀

前缀	符号	含义
kilo-（千）	k	1 000
hecto-（百）	h	100
deka-（十）	da	10
deci-（分）	d	0.1（十分之一）
centi-（厘）	c	0.01（百分之一）
milli-（毫）	m	0.001（千分之一）

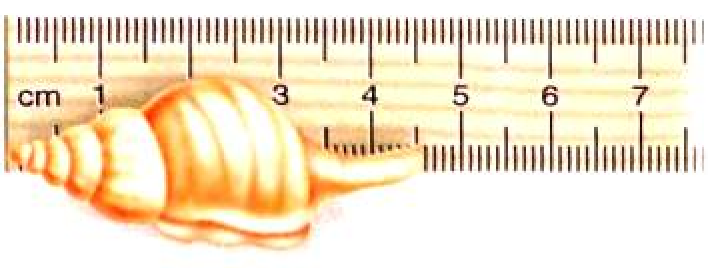
长度　衡量长度或者两点间距离的单位是**米（meter，简写m）**。1米大约是从地板到门把手的距离。较长的距离（比如两个城市之间的距离）要用**千米（kilometer，即公里，简写km）**来衡量。较短的距离则用**厘米（centimeter，简写cm）**或**毫米（millimeter，简写mm）**。科学家通常用米尺来测量长度。

常用换算

1km ＝ 1 000m
1m ＝ 100cm
1m ＝ 1 000mm
1cm ＝ 10mm

活动

图中米尺上的长线表示厘米刻度，没有标数字的短线表示毫米刻度。这个贝壳有几厘米长？相当于几毫米？



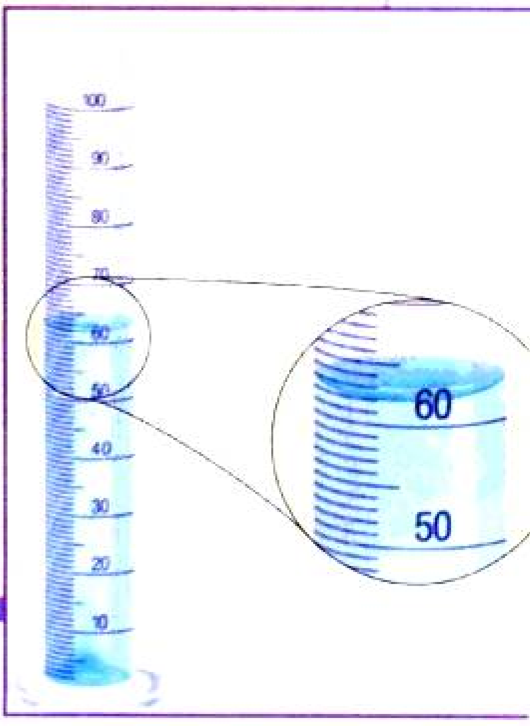
液体的体积　液体的体积，或者说液体所占空间的大小以升（liter，简写L）为单位。一升大概相当于一个中等盒装牛奶的大小。较小的体积往往以毫升（milliliter，简写mL）为单位。科学家通常用带有刻度的量筒来测量液体的体积。

常用换算

1L ＝ 1 000mL

活动

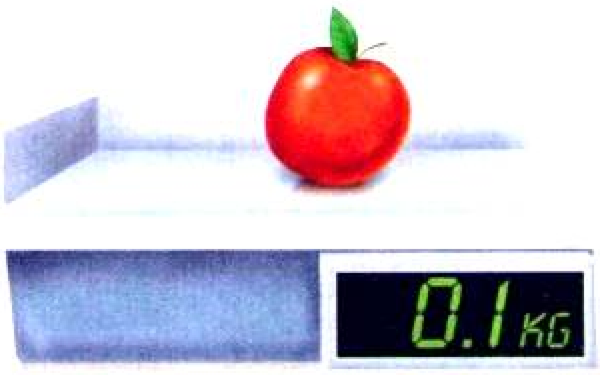
图中的量筒以毫升为刻度。注意，量筒中的液面总会有一个弧度，因此又叫做凹面。测量体积时必须在凹面的最低点处读数。问这时量筒中水的体积是多少？



质量 测量质量(一个物体中物质的量),需要用到的单位是**克(gram,简写g)**。1克大约是一个回行针的质量。较大的质量要以**千克(kilogram,简写kg)**为单位。科学家通常用天平来测质量。

常用换算

1kg = 1 000g



活动

图中测量苹果质量的电子天平的单位是千克。请问这个苹果的质量是多少?假设制作一种苹果酱需要一千克苹果,那你大约会需要几只苹果?

温度 测量物体的温度需要用到**摄氏度(Celsius-scale)**。用摄氏温度计来测量物体温度就可以得到以摄氏度(℃)为单位的数值。水在0℃结冰,在100℃沸腾。



活动

图中液体的温度是几摄氏度?

SI单位的换算

使用SI单位必须懂得如何进行单位之间的换算,这需要用到**计算(calculating)**的技能。SI单位的换算与人民币元角分之间的换算是相似的,它们都以十进制为基础。

假设你要把80厘米换算成米,可以按照以下步骤进行换算。

1. 先写下要换算的测量数据——在本例中是80厘米。

2. 然后写出换算系数,代表要换算的两个单位之间的关系。在本例中,关系式为1米 = 100厘米。将换算系数用分式来表示,注意把要转换的单位(在本例中为厘米)写在分母上。

3. 把要换算的测量数据与这个分式相乘。这样,原来数据的单位就与分母上的单位相消。其结果的单位就变成你想要换算成的单位了(本例中为米)。

例:

80厘米 = ___?___米

$$80\,\text{厘米} \times \frac{1\,\text{米}}{100\,\text{厘米}} = \frac{80\,\text{米}}{100} = 0.8\,\text{米}$$

活动

换算下列单位

1. 600毫米 = ___?___米
2. 0.35升 = ___?___毫升
3. 1 050克 = ___?___千克

科学研究

从某种角度来说，科学家们就像侦探一样，把各种线索拼凑起来弄清事情的来龙去脉。他们收集线索的途径之一就是开展科学实验。实验能够审慎、有序地检验科学家的想法。虽然并不是所有的实验都遵循相同的步骤和顺序，但其基本模式大多与下列所描述的相近。

提出问题

实验是从提出一个科学问题开始的。科学问题是指能够通过收集数据而回答的问题。例如，“纯水和盐水哪一个结冰更快？”就是一个科学问题，因为你可以通过实验收集信息并给予解答。

提出假设

第二步是提出一个假设。假设是对实验结果的预测。和所有的预测一样，假设是建立在观察和以往的知识经验上的。但与许多预测不同的是，假设必须能够被检验。严格的假设应该采用“如果……，那么……”的句式。例如，“如果把盐加入纯水中，那么这水会需要更长的时间才能结冰”就是一个假设。这样的假设其实就是对你要进行的实验的一个粗略概括。



实验设计

接下来需要设计一个实验来检验你的假设。在计划中应该写明详细的实验步骤，以及在实验中要进行哪些观察和测量。

设计实验时涉及到两个很重要的步骤，就是控制变量和给出可操作定义。

控制变量 在一个设计良好的实验中，除了要观察的变量以外，其余变量都应始终保持相同。**变量(variable)**是指实验中可以变化的因子。其中人为改变的因子称为自变量又称**调节变量(manipulated variable)**。在这个实验中，往水里加盐的量就是调节变量。而其他的因子，比如水的量、起始的温度，都应保持不变。

随着调节变量变化而变化的因子称为**应变量(responding variable)**。应变量是为了得到实验结果而需要观察或测量的指标。这个实验中应变量就是水结冰所需要的时间。

除了一个因素以外，其余因素都保持不变的实验叫做**对照实验(controlled experiement)**。绝大多数对照实验都要设立对照，本实验中的容器3就是对照。由于容器3中的水没有加盐，因此就可以拿另外两个容器的结果和它作比较。两者结果之间的差别，都可以归结为是加入了盐的缘故。

操作性定义 设计实验的另一个重要方面就是要有清楚的操作性的定义。**操作性定义(operational definition)**是指一个说清楚某个变量该如何进行测量，或者某个术语该如何定义的陈述。例如本实验中，如何来确定水是否结冰呢？你可以在实验开始前向每个容器中插入一根搅拌棒。对于“结冰”的操作性定义就是搅拌棒不能再移动的时候。

实验步骤

1. 在三个相同的容器中分别加入300毫升冷自来水。
2. 容器1中加入10克盐，充分搅拌；容器2中加入20克盐，充分搅拌；容器3中不加盐。
3. 把三个容器同时放入冰箱。
4. 每隔15分钟检查一下容器，并记录你的观察结果。

分析数据

实验中得到的观察和测量结果称为数据。实验结束时要对数据进行分析，看看是否存在什么规律或趋势。如果能把数据整理成表格或者图表，常常能更清楚地看出它们的规律。然后要思考这些数据说明了什么。它们能不能支持你的假设？它们是否指出了你的实验中存在的缺陷？是否需要收集更多的数据？

得出结论

结论就是对实验研究发现的总结。在下结论的时候，你要确定收集的数据是否支持原先的假设。通常需要重复好几次实验才能得出最后的结论。但得出的结论往往会使你发现新的问题，并设计新的实验来寻求答案。

活动

球反弹的高度是不是会受它落下的高度的影响？请按上述所说的步骤，设计一个对照实验来研究这个问题。

理性思维

你的朋友是否曾经就某个问题来征求你的意见？如果是的话，你也许已经通过逻辑的方式来帮助他理解问题了。也许你自己并没有意识到，你这样做其实就是在用理性思维的技能在帮助朋友。理性思维是指在解决问题和做出判断时使用推理和逻辑。下面就来谈谈一些理性思维的技巧。

比较与对比

当你想要寻找两件事物的相同和不同之处时，就需要用到**比较**(compare)与**对比**(contrast)的技能。比较是指找出相似性，即共同特征。对比是指找出不同点。用这种方法来分析事物能帮助你发现一些平时容易忽略的细节。



活动 将照片中的两只动物进行比较与对比。先列出你观察到的所有相似之处，再列出所有不同之处。

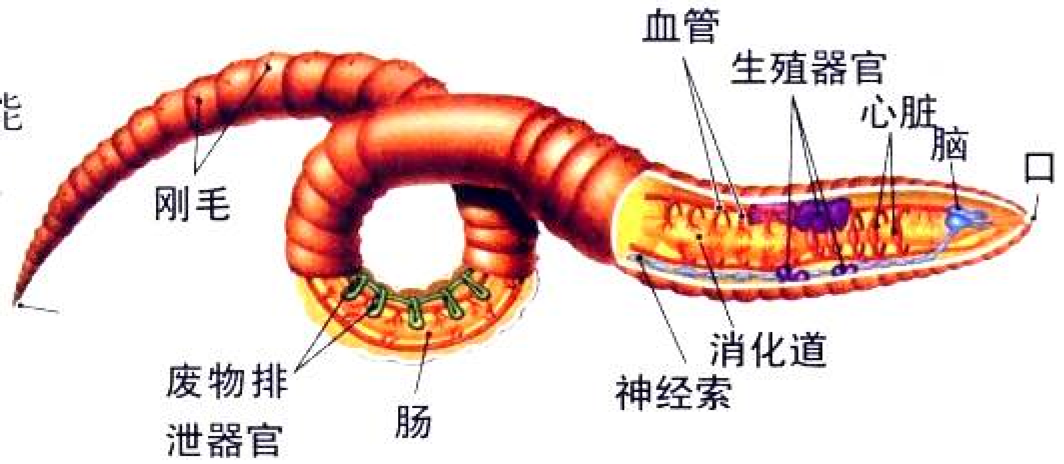
应用概念

应用概念(applying concept)技能就是要用有关某一情况的知识来理解另一种相似的情况。如果你能把原来的知识活用到另一种情况，这表明你已经真正理解了这个概念。在考试时，即使题目和原来课堂上讲的不完全一样，你也可以用这个技巧来应对自如。

活动 前面刚刚学过，如果把其他物质掺入水中，结冰就会需要更长的时间。请用这个原理来解释，为什么冬天人们要把一种称为“抗冻剂”的物质加入汽车散热器里。

理解图表

教科书中的图表、照片和地图能帮助你理解课文。这些插图形象地显示了某些过程、位置或者想法。**理解图表**(interpreting illustration)技能可以帮助你从这些视觉元素中学到知识。要理解一张插图，必须多花一些时间仔细看插图和附带的所有文字信息。插图的说明含有图中的重要概念。图注指出了图中的关键部分。而图例则说明了图中各种符号的含义。



▲ 蚯蚓的内部解剖结构

活动 仔细研究上图，然后写一段话来描述你从图中得到的信息。

因果推断

如果一个事件能导致另一个事件发生，那么就说这两者之间存在因果关系。**因果推断 (relating cause and effect)** 技能就是要判断两个事件之间是否存在因果关系。例如，如果你发现皮肤上起了一个红肿块并且发痒，你就可能推理出这是被蚊子叮咬的。蚊子叮咬是因，肿块是果。

但是有一点很重要——不能光凭两个事件一起发生，就判断它们之间存在因果关系。科学家会通过实验或者根据以往的经验，来判断因果关系是否存在。

活动 在野营时，你的手电筒突然不亮了。试列出手电筒失灵可能的原因。你怎样来判断是什么原因导致手电筒不亮的?

归 纳

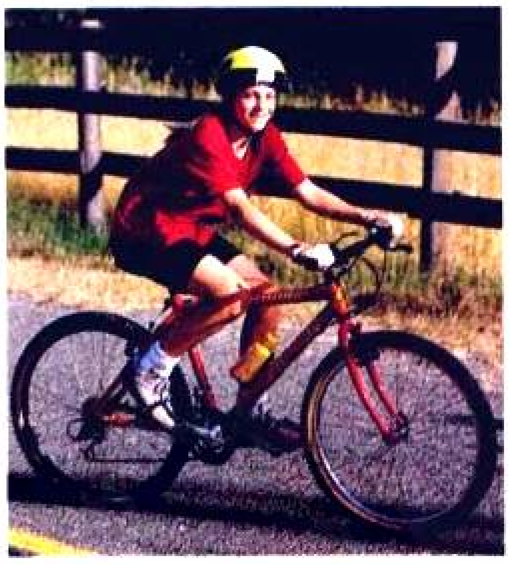
归纳 (making generalization) 是指根据局部信息来推断总体信息的技能。要做出正确的归纳，从总体中选出的样本就必须足够大而且具有代表性。你在买葡萄时就可以试着使用归纳技能。先拿几颗葡萄来尝一尝，如果都很甜，就能归纳出所有的葡萄都是甜的——这时就可以放心地买上一大串了。

活动 有一组科学家要判断某个大水库里的水是否可以安全饮用。这时可以应用归纳法吗？他们应该做些什么？

做出判断

做出判断(making judgment) 就是评估某件事情的好坏对错的技能。例如，在你决定吃健康食品或在公园里捡起一张废纸时，就用到了判断。做出判断前，需要全面地考虑到事情的正面与反面，并明确自己持有什么样的价值观和标准。

活动 你认为儿童或青少年骑自行车时是否应该带头盔?为什么?



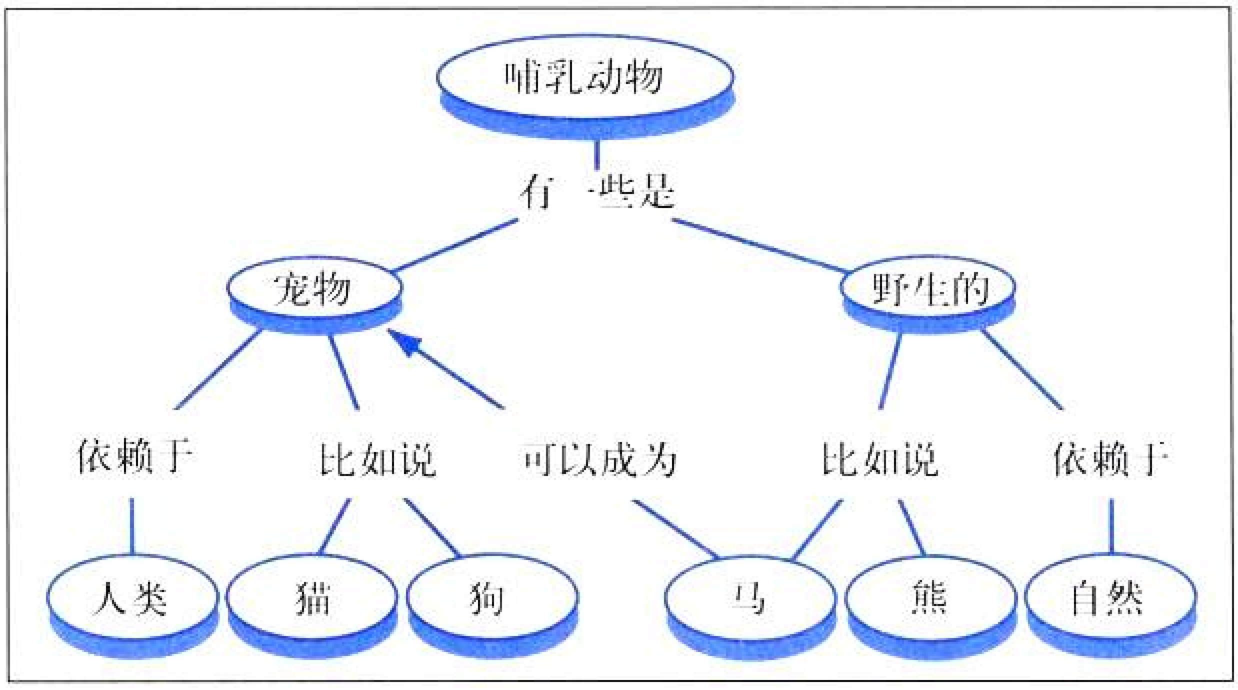
解决问题

解决问题 (problem solving) 就是运用各种理性思维的技巧来解决事情或决定行动的技能。有一些问题简单而直接，比如把分数转化为小数。另一些问题更为复杂，比如弄清计算机为什么不能正常运行。解决某些问题可以用尝试法，即先尝试一种解决方案，如果不行，再试另一种。还有一些有用的解决策略，包括建立模型、和同伴一起商讨可行的办法等。

信息处理

在读这本书时，你怎么能够清楚地了解其中包含的全部信息呢？下面就介绍一些处理信息的实用工具。这是一些图表，它们能使你对某个主题产生一个形象的概念，并明了其中一些重要概念之间的关系。

概念图



概念图在对一些概念较多的主题进行整理时是十分有用的。它从总的概念出发，逐步展开，显示出大概念是如何被分解成一个个小概念的。这样整理之后，各个概念之间的关系就更清晰易懂了。

概念图是由写在圆圈中的概念(通常是名词)和连接它们的联系词构成的。最具概括性的概念常常位于图的顶端，越往下，概念的范围就越小。写在两个圆圈连线上的连接词通常用来描述两者之间的关系。一般要求在从上向下把概念——连接词——概念连起来时，读上去应该就像一句句子。

有些概念图还会用连接词来连接位于不同分支上的两个概念。这称为交叉连接。交叉连接显示了概念之间更为复杂的内在联系。

比较／对比表

比较／对比表是比较两种以上事物的异同点时很有用的工具。它能提供一个有序的框架，根据你所需要了解的特性对事物进行比较。

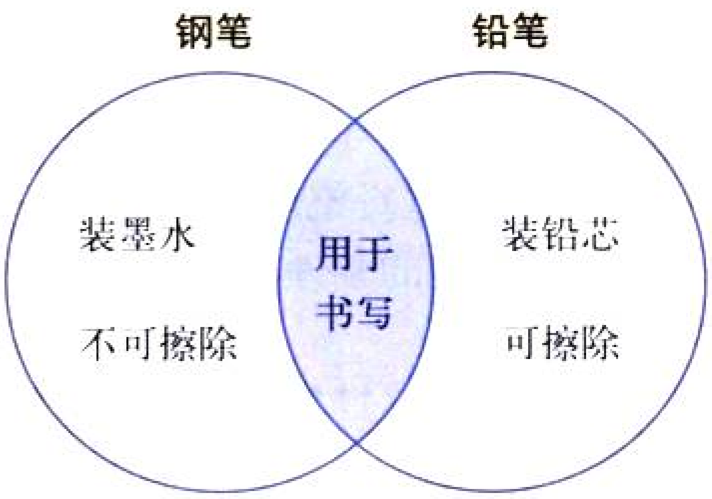
建立比较／对比表时，首先把要比较的事物列在表格的顶端。然后，把作比较所依据的特性列在左侧的一栏中。最后，把每件事物关于各个特性的信息填入相应的格子里。

特　性	棒　球	篮　球
队员人数	9	5
场地	棒球场(正方形)	篮球场(长方形)
设施装备	球棒、棒球、棒球手套	篮球架、篮球

维恩图

维恩图是另一种用于显示事物异同点的方法。它由两个或两个以上互相部分重合的圆组成。每一个圆代表一个特定的概念或观点。概念之间的共同特征(相似点)写在两个圆重叠的区域内，独有的特征(不同点)则写在相应圆中重叠区域以外的部分。

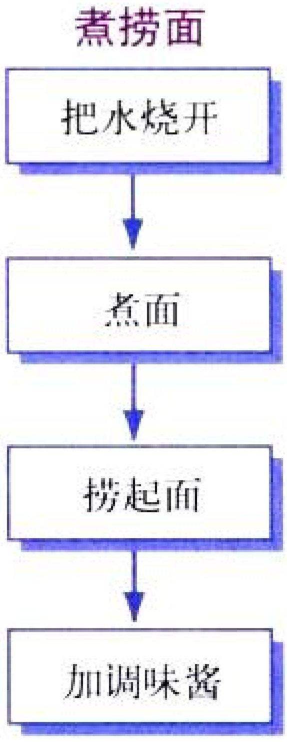
建立维恩图时，首先画两个部分重合的圆。在每一个圆的上方注明它代表的事物。独有的特征写在重叠区以外，而共同的特征写在重叠区内。



流程图

流程图能够帮助你理解某组事件是按照怎样的顺序发生的。它能有效地概括出某一过程的各个阶段，或某一程序的各个步骤。

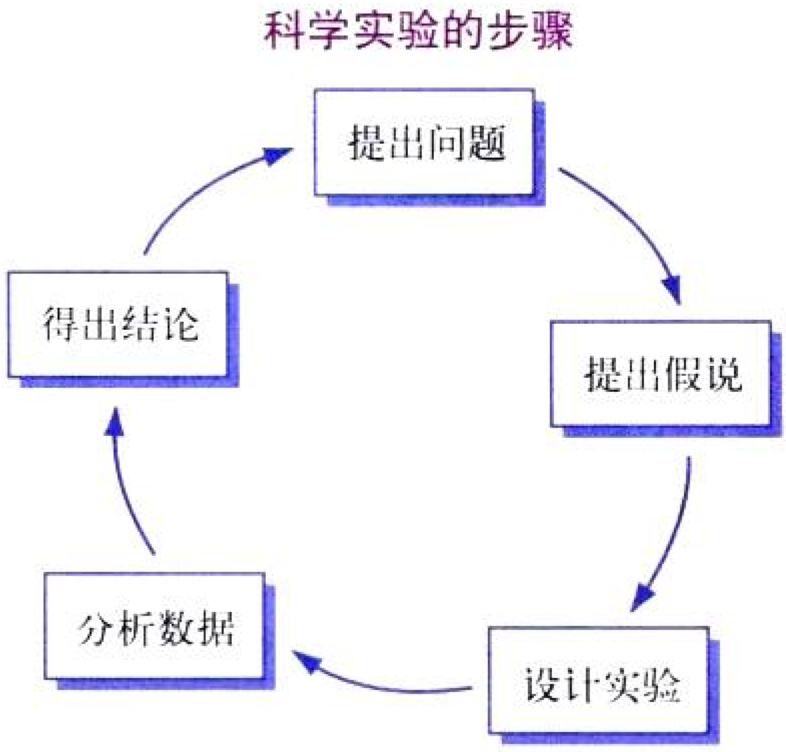
建立流程图时，首先把每个事件简要地写在方框中。然后把最先发生的事件排在最上方，第二发生的事件排在其次，依此类推。最后，把各个事件依次用箭头连接起来。



循环图

循环图用来表示一系列连续循环发生的事件。连续就是指没有终点，因为当最后一个事件结束时，第一个事件又重新开始了。就像流程图一样，循环图也能帮你理解事件的先后顺序。

建立循环图时，首先把每个事件简要地写在方框中。把一个事件排在纸顶部的中间。然后，沿着一个假想圆圈的顺时针方向，按时间顺序依次排列各个事件。最后，把事件依次用箭头连起来形成一个连续的圆圈。



绘制图表

怎样才能使科学实验得到的数据变得有用？第一步就是要对数据进行整理，以便更好地理解它们的含义。图表就是这样一种有用的整理数据的工具。

记录表

在实验准备中，除了要收集好所需的材料以外，还必须设计好用什么方式来记录实验中将会发生的事情。创建一张记录表能帮助你有序地记录观察和测量结果。

例如，某位科学家要进行一项实验，来了解不同体重的人在做各种活动时会消耗多少热量。右边这张记录表就记录了他的结果。

30 分钟活动所消耗的热量(单位：焦)

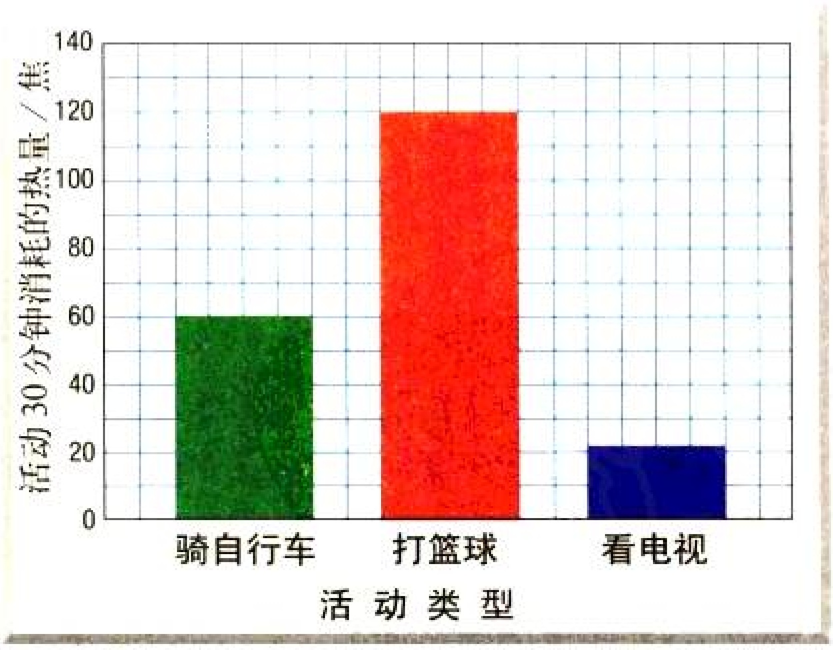
体重／千克	实验 1：骑自行车	实验 2：打篮球	实验 3：看电视
30	252	504	88
40	323	689	113
50	399	865	139
60	479	1 042	160

注意在这张记录表中，第一列是调节变量(体重)，第二列至第四列分别是实验1到实验3的应变量(对于实验1，就是骑自行车时消耗的热量)。

柱形图

比较一个人在做不同活动时所消耗的热量差异可以用柱形图。柱形图用于显示一组不同项目的数据。在这个例子中，骑自行车、打篮球和看电视就是三个独立的项目。

30 千克体重的人做不同活动所消耗的热量



建立柱形图时应遵循以下步骤：

1. 在作图纸上画一条水平线(x 轴)和一条垂直线(y 轴)。

2. 沿x轴列出要作图的各个项目的名称，然后写上 x 轴的总称。

3. 给 y 轴写上应变量的名称，并注明单位。然后在y轴上标出刻度，注意单位数值的间距要相同，y轴数值范围要能包含所有的实验数据。

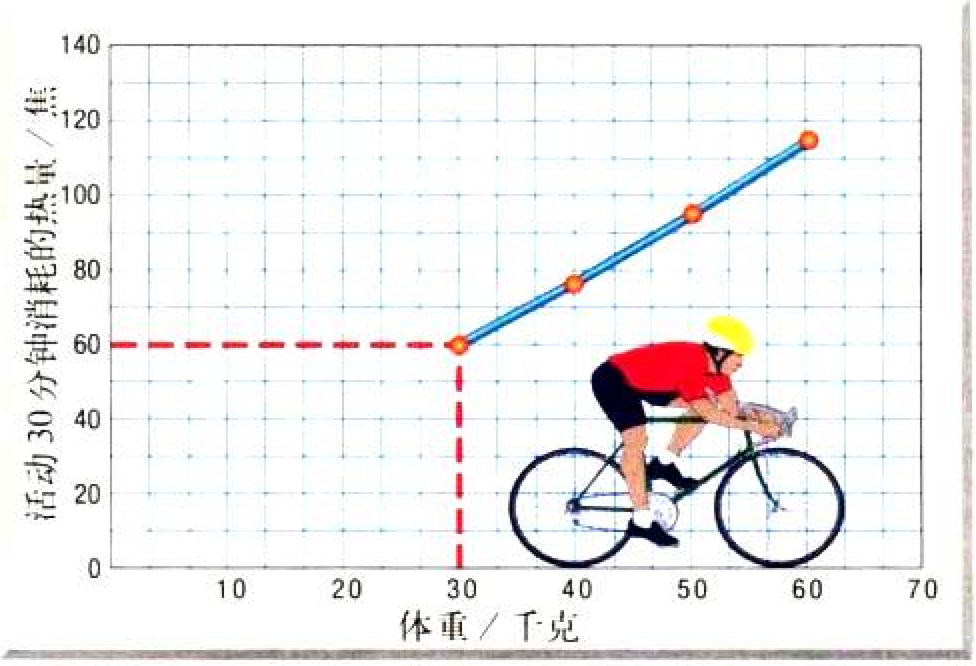
4. 给每一项画一个直条，以 y 轴上的刻度来决定所画直条的高度。例如，对骑自行车这项而言，就画一个和y轴上标有252焦刻度等高的直条。所有的直条宽度要相同，间距也要相等。

5. 最后给柱形图加上标题。

折线图

你可以用折线图来分析骑车时体重和消耗热量之间是否存在着联系。折线图能用来显示某一变量(应变量)是如何随着另一变量(调节变量)而变化的。当调节变量是连续性数据时，才能用折线图。所谓连续性数据，就是除了你所测量的点以外还存在其他的点。比如体重就是连续性数据，因为在30千克和40千克之间还有其他的体重值(如31千克)。还有时间也是连续性数据。

体重对骑自行车时热量消耗的影响



折线图是一种十分有用的工具，因为它还能用来预测一些实验中没有测量的数值。例如，可以用这张折线图来估计出，35千克重的人骑车时会消耗286焦的热量。

建立折线图时应该遵循以下步骤：

1. 在方格纸上画一条水平线(x轴)和一条垂直线(y轴)。

2. 给x轴标上调节变量的名称，给y轴标上应变量的名称，并分别注明单位。

3. 然后在两条轴上分别标出刻度，注意单位数值的间距要相同，数值范围要能包含所有的实验数据。

4. 把每一个数据在图中所对应的点标出来。上图中的虚线显示出第一个数据点(30千克和252焦)的定位方法。首先经过水平轴上30千克那一点画一条假想的垂直线，再经过垂直轴上252焦那一点画一条假想的水平线。两条线的交点就是要找的数据点。

5. 用实线连结各个数据点。在某些情况下，可能需要画一条能反映数据的总趋势的直线，这条线应处于所有点的中间，使线上下方的点大致相同。

6. 最后给折线图加一个合适的标题，说明图中的变量及其关系。

活动 根据记录表中实验2、3的结果各画一张折线图。

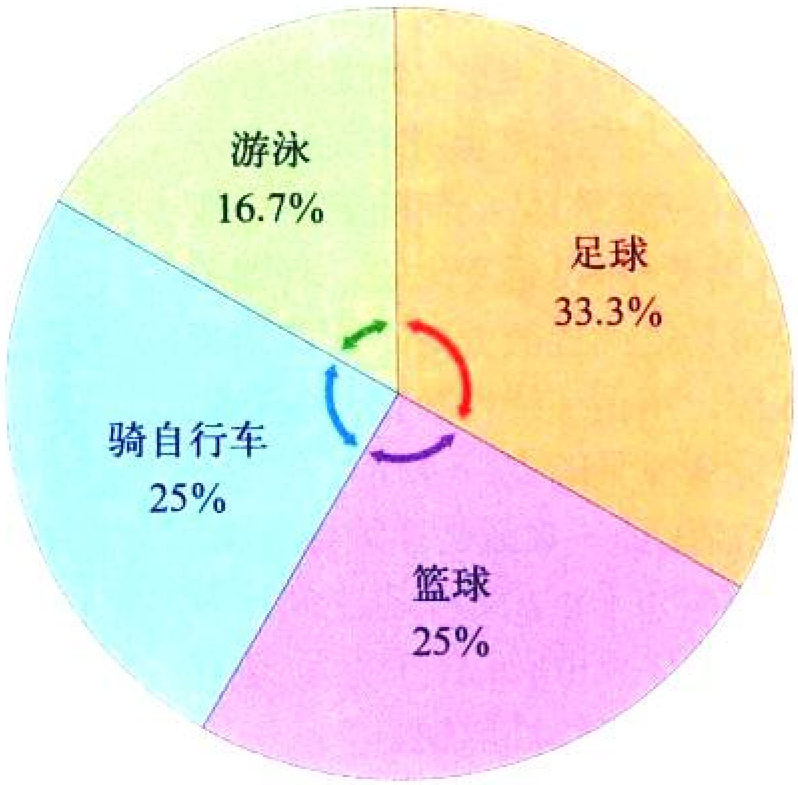
活动 报纸上有这样的消息：本地区6月份的总降水量为4厘米，7月份为2.5厘米，8月份为1.5厘米。你认为该用哪种图表来显示这些数据？自己动手在作图纸上把它画出来。

扇形图

像柱形图一样，扇形图也用来表示一组不同项目的数据。但和柱形图不同的是，扇形图只在各个项目的数据总和等于某一整体时才能使用。扇形图有时候也被称为饼图，因为它看上去像一个分成若干小块的饼。圆圈代表了整体，而各个小块则代表不同的项目。每一块的大小能显示出这个项目在整体中所占的百分比。

下面的记录表显示了一次调查活动的统计结果。这次调研向24名青少年了解什么是他们最喜欢的运动，然后用得到的数据创建了右边的扇形图。

青少年喜爱的运动



最喜爱的运动

运动	人数
足球	8
篮球	6
骑自行车	6
游泳	4

制作扇形图时应该遵循以下步骤：

1. 用圆规画一个圆，并标出圆心。然后从圆心竖直向上到圆周画一条直线。

2. 用下面公式来计算每一块“饼”的圆心角度数 x（注：一个圆的圆心角度数是360）。例如，要算出“足球”这一块的圆心角可以用以下公式：

$$\frac{\text{喜欢足球的学生数}}{\text{学生总数}} = \frac{x}{\text{整个圆的圆心角度数}}$$

$$\frac{8}{24} = \frac{x}{360}$$

用交叉相乘法解出 x。

$$24x = 8 \times 360$$

$$x = 120$$

所以“足球”这一块的圆心角度是120度。

3. 以刚才画的线为角的一边，以圆心为角的顶点，用量角器量出第一块“饼”的角度。然后画出角的另一边。

4. 按照这一方法继续画出其他的几块饼，测量角度时都从上一块的边开始，这样可以避免各个小块互相重叠。最后完成扇形图时，整个圆都应该被填满。

5. 然后计算每一块占整体的百分比。计算时，把每一块的圆心角度数除以整个圆的圆心角度数(360)，再乘以100%，就得到你所要的百分数。例如“足球”这一块可以这样计算：

$$\frac{120}{360} \times 100\% = 33.3\%$$

6. 再给每一块涂上不同的颜色，并标出它所代表项目的名称和所占的百分比。

7. 最后给扇形图加上标题。

活动

假设一个班级有28个人，12人乘车上学，10人步行，另6人骑自行车。试创建一张扇形图来显示这些数据。

实验室安全手册

安全标志

这些实验室标志提醒你注意可能发生的危险，要求实验时注意安全。

护目镜 在进行使用化学药品、火焰、加热、可能有玻璃破碎的任何实验中，为保护眼睛，必须戴好护目镜。

实验服 穿好实验服，以防止皮肤和衣服受损。

易碎 实验中使用的仪器易碎，如玻璃容器、玻璃管、温度计和漏斗等。使用这些仪器时要小心，同时注意不能触摸玻璃的碎片。

隔热手套 用手拿高温材料时，应戴上抗热手套或采取其他维护措施。热的盘子和玻璃器皿、热水可能会烫伤手。注意不要用手直接触摸烫的物体。

加热 用夹子或钳子夹取玻璃器皿加热。注意不要用手直接触摸烫的物体。

锋利的物体 剪刀、解剖刀、小刀、针、大头针或平头针都是非常锋利的。它们会划伤你的皮肤。不能把锋利的一边指向自己或别人。请严格按照说明使用这些锋利物品。

触电 避免触电的可能性。请不要在水池附近使用电器设备，也禁止在设备受潮或你双手潮湿的时候使用电器设备。确保电线不漏电，并且不会绊倒人。当设备暂不使用时，请切断电源。

腐蚀性化学药品 使用酸或其他腐蚀性化学药品时，应避免沾到你的皮肤、衣服或眼睛，也要避免吸入这类物质的蒸气。实验结束后要洗手。

有毒试剂 不要让任何有毒化学试剂与皮肤接触，也不要吸入有毒蒸气。实验结束时洗手。

身体安全 当实验涉及体力活动时，应采取预防措施避免伤害到自己和他人。实验过程中应按教师的指令操作。如果有某种原因不能参加这项实验，应告诉教师。

动物安全 谨慎对待动物，以免伤害到它们和自己。在用动物的躯体或冷却动物做实验时……实验结束后洗手。

植物安全 在实验室或野外作业时，要按老师的要求触摸植物。若对某植物过敏，应在使用这些植物做实验前告知老师。请勿触摸有害植物，如有毒常春藤、有毒橡树、有毒漆树及带刺植物。实验完毕，请洗双手。

用火安全 做实验时，可能要使用实验炉、蜡烛和火柴等。因此应系好头发及衣物。严格按老师要求来点火和熄火。

禁火 如室内有易燃物品，则应禁止使用明火或其他裸露热源。

气体检测 若实验时产生有毒、难闻的气体，则应在通风处操作，以免吸入此类气体。只能在老师指导下去检测气味，可将气体扇至鼻处嗅闻。

遗留物品处理 实验中使用过的化学物品和其他实验材料需安全处理。要按老师的要求处理。

洗手 实验完毕，应彻底洗净双手。可用抗菌皂和温水洗。手心、手背和手指间都要涂上肥皂，然后冲洗干净。

安全警示 你以前可能看到过这个符号，它的意思是提醒注意，要求你按符号后面的要求去做。

在本书中，当要求你设计实验时，也常出现这个符号，这是要你必须先征得老师同意后，才能进行实验。

实验室安全守则

为了保证安全，请阅读以下安全守则。务必理解和遵照每一条规则。若有不明之处则应该请教老师。

穿戴规则

1. 为了保护眼睛，在使用化学试剂、煤气灯、玻璃器皿和其他所有可能会损伤眼睛的物品时，请戴好护目镜。如果你戴了隐形眼睛，请告知老师。
2. 使用腐蚀性化学试剂或其他易污染环境的物品时，必须穿上实验服。
3. 将长发扎好，以防碰到化学试剂、火焰和实验仪器设备。
4. 束好衣服摘下所有首饰，以免挂下来碰到化学试剂、火焰和实验设备。
5. 不准穿凉鞋或拖鞋进实验室。

一般注意事项

6. 实验前应通读几遍所有实验注意事项。遵照书面或口头的指导。若对实验有疑问，可请教老师。
7. 在老师指导下进行实验。经老师同意后，方能自己动手实验。未经允许，不要动任何实验仪器。
8. 未经允许，不得擅自做实验。
9. 禁止在实验室吃食物。
10. 任何时候都要保持实验台干净整齐。工作台上只能放课本、实验手册和实验记录本。其余物品，如钱包、背包等，应放在指定位置。
11. 严禁在实验室喧哗打闹。

急救须知

12. 无论事故大小伤害轻重，都应及时报告老师。一旦火灾，应立即报警。
13. 学会处理意外事件，如眼睛或皮肤溅到了酸，应该立即用大量的清水冲洗。
14. 弄清急救设备的位置，假如没有老师的指导，请勿擅自使用。因为一旦发生意外，老师要使用这些设备。
15. 要知道消防设备如灭火器、沙篮的摆放位置及使用方法。
16. 要知道附近的电话和一旦出现紧急情况时跟谁联系。

加热与用火安全

17. 使用热源如蜡烛、煤气灯和电热板，必须戴上护目镜。
18. 未经允许，不要加热任何东西。某些化学物质在冷的时候是无害的，但加热时可能会有危险。
19. 易燃物品应远离火源。不要在易燃物品附近用火。
20. 取用物品时不要经过火焰上方。
21. 使用实验室煤气灯前，应清楚正确的使用方式，按照教师的演示去做。不要触摸煤气灯，以免灼伤。不要让煤气灯在无人看管的情况下燃烧。
22. 化学药品在加热时可能会冲出试管，所以在用试管加热物质时，不要将试管口朝向自己或他人。
23. 不要在密闭容器中加热液体，这样可能会发生爆炸。
24. 想拿一个刚加热过的容器时，应先用手背在容器的附近试一试。若感到手背发烫，请先戴上隔热手套。

化学试剂使用准则

25. 不要因为好玩而将化学试剂随意混合，这样可能会产生危险的爆炸性物质。
26. 不要将脸靠近盛有化学试剂的容器口。未经教师演示，不要触摸、品尝、闻化学试剂。许多化学试剂是有毒的。
27. 只许使用实验中需要的化学试剂。在取用化学试剂时要看清楚试剂瓶上的标签。用多少取多少。取用完毕，盖上试剂瓶。
28. 在教师指导下使用化学试剂。为避免污染，不要将取出的试剂倒回原试剂瓶。不要将未经处理的化学试剂倒入阴沟或废物桶。
29. 取用酸、碱要格外小心。在阴沟或废物桶上部倒化学试剂，而不要在工作台面上操作。
30. 闻化学物质气味时，要用轻扇法，不要直接吸入蒸气。
31. 当混合酸和水时，应先将水倒入容器，然后加入酸，而不要将水加入酸中。
32. 不能将化学试剂溅到容器外。一旦溅出，立即用大量的水清洗桌面和皮肤，同时告诉教师。

玻璃器皿使用准则

33. 不要用力将玻璃管或温度计插入橡皮塞或橡皮管。如果在实验中确需用到，请求老师帮助。
34. 如果使用实验室煤气灯，请加上石棉网。加热时，仪器外壁应保持干燥。
35. 加热过的玻璃看起来似乎是不烫的，但取用前还是要先试一试是否是热的，最好戴上手套。参见规则24。
36. 不要使用已破碎的玻璃器皿。如果玻璃器皿打破了，请及时通知老师，将已破器皿丢入指定的桶中。不要用手直接拿破损了的玻璃器皿。
37. 不要用实验室玻璃器皿饮水。
38. 存放玻璃器皿前要把它们洗干净。

锋利设备使用准则

39. 使用解剖刀等锋利仪器时要特别小心。切割物品时不要朝向自己，而要远离自己。
40. 在实验过程中若划伤了皮肤，要立即报告老师。

动物、植物安全

41. 不要做会引起哺乳动物、鸟类、爬行动物、鱼类或两栖类动物疼痛、不适或伤害的实验。家中和实验室均不能做此类实验。
42. 只有在非常必要时，才可做上述实验。请在教师的指导下使用教师带入课堂的动物。
43. 如果对某些植物、霉菌、动物过敏，请在做此类实验前告诉老师。
44. 在野外实验时，应穿上长裤、长袖、长袜和紧身衣服以保护皮肤。学会识别周围有毒的植物、菌类和有刺的植物，尽量避免与它们接触。
45. 不要吃不明植物和不明菌类。
46. 触摸动物或动物笼后要彻底清洗双手。完成有关动物、植物和土壤的实验后也要清洗双手。

实验清理规则

47. 实验结束后，清理实验桌，将实验仪器放回原处。
48. 在老师的指导下处理废液。
49. 每次实验结束后，必须清洗双手。
50. 煤气灯或电炉使用后应及时将它们关闭。拔掉电炉或其他电气设备的插头。如果使用过煤气灯，请检查煤气阀门是否关好。

索 引

（按首字拼音字母次序排列）

T

W

X

Y

Z

致 谢

Illustration

Carmella M.Clifford: 63tl
Kathy Dempsey: 20ctr,30,45,60,94,122,128
John Edwards & Associates: 15,16,17,25,26,37,41t,50,51,104,105,106
David Fuller: 100br
Andrea Golden: 148
Jared Lee: 42,62,76
Martucci Design: 81,162,163,164
Matt Mayerchak: 36,72,108,160,161
William McAllister: 96
Fran Milner: 130,131t,145
Morgan Cain & Associates: 19,20,21,24,27,28b,33,41ctr,47,48,53,59,67,84-85,103,154,155,
Ortelius Design Inc.: 100tl,bl,101bl,br,138,139
Matthew Pippin: 10,28-29
Precision Graphics: 77,90,97,98,101t,113,114,115,116,118,119,120,121,127,132,134,135,136,137,140,142
Tim Spransy: 66
J/B Woolsey Associates: 63tr,78,79,82,102,158

Photography

Photo Research by-Paula Wehde
Cover image-horn,John Martucci; background,Alfred Pasieka/Science Photo Library/Photo Researchers

Nature of Science

Page 8t,NASA;**8b**,Courtesy of Christine Darden;**9t**,NASA;**9b**,Uniphoto;**11l**,AP/Wide World Photos;**11r**,Courtesy of Christine Darden.

Chapter 1

Pages 12-13,Sing Tao Daily;**14t**,Richard Haynes;**14b**,Dreamstime;**16**,Richard Megna/Fundamental Photographs.**18t**,Richard Haynes;**18b**,Chris Cole/Duomo;**21,24,30,31**,Richard Haynes;**32b**,Lynette Cook/Science Photo Library/Photo Researchers;**34t**,Science Photo Library;**34 inset**,Russell D.Curtis/Photo Researchers,**35**,Chris Cole/Duomo.

Chapter 2

Pages 38-39,Bob Kramer/The Picture Cube;**40**,Richard Haynes;**41**,Russell D.Curtis/Photo Researchers;**43**,Russ Lappa;**44t**,The Granger Collection,NY;**44b**,Eric Risberg/AP Wide World Photos;**45,46**,Richard Haynes;**48**,Dreamstime;**49t**,Mark C.Burnett/Stock Boston;**49b**,Martin Bough/Fundamental Photographs;**52t**,Richard Haynes;**52b**,Cosmo Condina/TSI;**54**,Michael Newman/PhotoEdit;**55**,Stanley Rowin/The Picture Cube;**56l**,Spencer Grant/The Picture Cube;**56r**,Nancy Brown/The Stock Market;**56-57**,Peter Saloutos/The Stock Market;**56-57t**,Doug Martin/Photo Researchers;**57r**,PhotoDisc Inc.;**57b**,Index Stock;**58**,In-house;**59**,iStockphoto;**60-61,62**,Richard Haynes;**64**,Stephen Frisch/Stock Boston;**65**,Michael Newman/PhotoEdit;**67**,Corbis;**68t**,Mitch Reardon/Photo Researchers;**68b**,Francois Gohier/Photo Researchers;**69t**,Merlin D.Tuttle,Bat Conservation International/Photo Researchers;**69b**,Charles Gupton/The Stock Market,**69 inset**,Dreamstime;**70 all**,Richard Megna/Fundamental Photographs;**71**,Martin Bough/Fundamental Photographs.

Chapter 3

Pages 74-75,Alex Bartel/Science Photo Library/Photo Researchers;**76,79t**,Richard Haynes; **79b**,Russ Lappa; **80**,Richard Haynes; **82**,Matthew McVay/TSI;**83l**,Jim Roshan;**83r**,Dreamstime;**83b**,Vecto Verso/Leo de Wys,Inc.;**85**,Alfred Pasieka/Science Photo Library/Photo Researchers;**86t**,Fundamental Photographs;**86b**,Ron Sutherland/Science Photo Library/PhotoResearchers;**87**,RNHRD NHS Trust/TSI;**88**,Alfred Pasieka/Science Photo Library/Photo Researchers;**89**,Nordion/Visuals Unlimited;**91**,Bill Horsman/Stock Boston;**92t**,98 Kunio Owaki/The Stock Market;**92b**,Phil Degginger;**93t**,Dreamstime;**93b**,Public domain;**95**,Richard Haynes;**97**,Russ Lappa;**99**,In-house;**101**,AP/Wide World Photos;**102**,David Ducros/Science Photo Library/Photo Researchers;**106**,Richard Haynes;**107**,Jim Roshan.

Chapter 4

Pages 110-111,iStockphoto;**112t**,RussLappa;**112b**,Andy Levin/Photo Researchers;**113l**,Coco McCoy/Rainbow;**113m**,Michael A.Keller Studios LTD./The Stock Market;**113r**,Skip Moody/Rainbow;**114both**,Corel Corp.;**115,116**,PhotoDisc Inc.;**117t**,Richard Haynes;**117b**,RussLappa;**118**,Fotolia;**119t**,John Kieffer/Peter Arnold;**119b**,John M.Dunay IV/Fundamental Photographs;**120both**,David Parker/Photo Researchers;**121**,Richard Megna/Fundamental Photographs;**122**,Russ Lappa;**123t**,Richard Haynes;**123b**,David Young-Wolff/PhotoEdit;**124tl**,Breck P.Kent;**124b**,Grant Heilman Photography;**125 both**,Michael Dalton/Fundamental Photographs; **126l** Ralph C. Eagle/Photo Researchers; **126 Inset**,Jerome Wexler/Photo Researchers;**126r,127both**,Russ Lappa;**128**,Richard Haynes;**129**,John Coletti/Stock Boston;**130 both**,In-house;**132**,PhotoDisc Inc.;**133t**,Richard Haynes;**133b**,Camerique,Inc./The Picture Cube;**135t**,Richard T.Nowitz/Photo Researchers;**135b**,Jan Hinsch/Science Photo Library/Photo Researchers;**138t**,Corbis;**138b**,Scala/Art Resource,NY;**139t** Grant Heilman Photography;**139m**,Corbis;**140**,BlairSeitz/Photo Researchers;**141tl**,Jon Goell/The Picture Cube;**141tr**,Bob Daemmrich/Stock Boston;**141ml**,Science Photo Library;**141m**,Grant HeilmanPhotography;**141mr**,Spencer Grant/Photo Researchers;**141bl**,iStockphoto;**141br**,Will & Deni Mcintyre/Photo Researchers;**143**,Blair Seitz/PhotoResearchers.

Interdisciplinary Exploration

Page 146,Everett Collection, Inc.;**147**, Corbis;**149l**,TITANIC (c) 1997 Twentieth Century Fox Film Corporation and Paramount Pictures Corporation. All rights reserved.; **149r**,Photofest;**150l**,The Kobal Collection;**150r**, Photofest;**150b,150-151b**, Russ Lappa;**151**,The Kobal Collection.

Skills Handbook

Page 152,Mike Moreland/Photo Network;**153t**,Foodpix;**153m**,Richard Haynes;**153b**,Russ Lappa;**156**,Richard Haynes;**158**,Ron Kimball;**159**,ReneeLynn/Photo Researchers.